AIRCRAFT HYDRAULIC MANUFACTURE

XI

SEMESTER 4

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Didalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. BukuSiswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas. Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus **dilakukan** peserta didik. Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus **dilakukan** peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

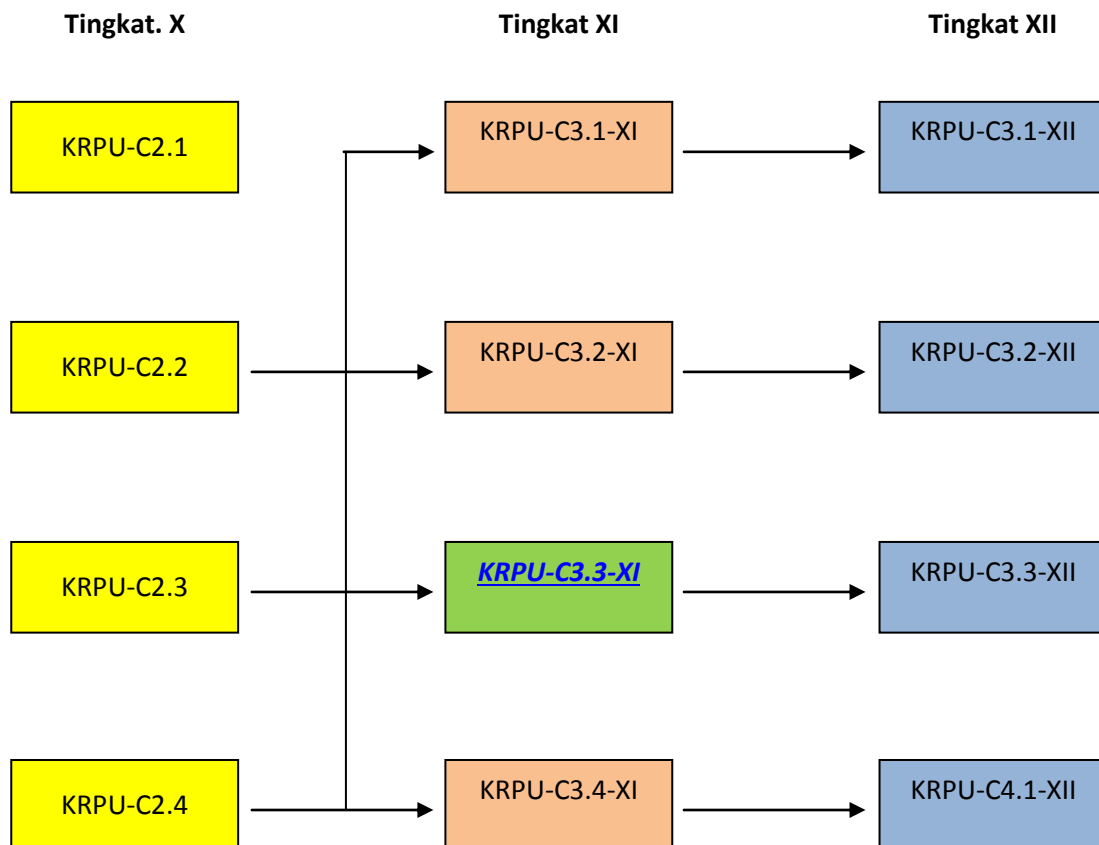
Jakarta, Januari 2014

Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

DAFTAR ISI

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

Diagram berikut ini menunjukan tahapan atau tata urutan penyampaian Bahan Ajar untuk Program Keahlian Konstruksi Rangka Pesawat Udara (KRPU) atau *Airframe Mechanic* (*AFM*) yang akan dipergunakan dalam pelatihan para siswa dalam kurun waktu 3 tahun dari tingkat X sampai dengan tingkat XII.

Keterangan:

KRPU-C2.1 = Simulasi Digital

KRPU-C2.2 = Basic Aircraft Technology and Knowledge (BATK)

KRPU-C2.3 = Basic Skills

KRPU-C2.4 = Aerodynamics and Flight Control (AFC)

KRPU-C3.1-XI = KRPU-C3.1-XII = Aircraft Drawing & CAD

KRPU-C3.2-XI = KRPU-C3.2-XII = Aircraft Manufacture & Assy Part

KRPU-C3.3-XI = KRPU-C3.3-XII ***= Aircraft Hydraulic & Pneumatic System***

KRPU-C3.4-XI = KRPU-C3.4-XII = Aircraft Material Composite

GLOSARIUM

Accumulator: peralatan untuk menyimpan cairan bertekanan, biasanya terdiri dari suatu ruangan terpisah terdiri gas dan cairan dengan menggunakan kantong, piston atau diafragma. Akumulator juga menghaluskan lonjakan tekanan yang keluar dalam sistem hidraulik.

Actuating cylinder (Actuator): peralatan untuk mengubah tenaga hidraulik menjadi gaya dan gerakan mekanik lurus.

Actuating cylinder, double-action: silinder penggerak dimana kedua langkah dihasilkan oleh cairan bertekanan.

Actuating cylinder, single-action: silinder penggerak dimana satu langkah dihasilkan oleh cairan bertekanan dan langkah lainnya dihasilkan oleh beberapa gaya yang lain, misalnya oleh gaya gravitasi atau tekanan pegas.

Acuan penilaian: Pernyataan kondisi dan kontek sebagai acuan dalam melaksanakan penilaian.

Additive: Bahan kimia yang ditambahkan pada minya untuk mempertinggi kwalitas atau untuk memperoleh suatu sifat yang dbutuhkan.

Angular piston pump: pompa hidraulik yang memiliki blok silinder yang ditempatkan pada suatu sudut ke pelat poros penggerak dimana piston terpasang. Konfigurasi sudut menyebabkan piston melangkah begitu poros pompa dihidupkan.

Baffle: pelat logam yang dipasang pada reservoir untuk menjaga cairan dari berputar dan bergelombang.

Bladder: tas karet sintetis yang dimasukkan pada sebuah akumulator untuk menahan muatan udara.

Bypass valve: katup yang digunakan untuk memungkinkan cairan mengalir di sekitar elemen penyaringan jika elemen menjadi tersumbat.

Cam pump: jenis pompa hidraulik yang menggunakan cam yang menyebabkan menekan pada piston.

Check valve: katup yang memungkinkan aliran fluida dalam satu arah, tetapi mencegah aliran dalam arah sebaliknya.

Closed-center valve: jenis katup yang memiliki saluran tekanan yang diblokir untuk aliran fluida ketika katup dalam posisi OFF.

Conductor: penghubung berupa selang atau pipa yang menghubungkan satu komponen dengan komponen lain sehingga terwujud satu rangkaian hidraulik.

Connector: alat pengikat atau penjepit (fitting) untuk mengikatkan (menyambungkan) konduktor ke komponen.

Control Valve: Katup yang digunakan untuk mengendalikan/mengatur keluar masuknya fluida pada silinder hydraulik

Cooller: Suatu komponen yang berfungsi untuk mendinginkan fluida

Cracking pressure: tekanan pound per inci persegi tekanan di mana perangkat pengkatupan dari katup relief tekanan membersihkan kedudukannya yang hanya cukup untuk memungkinkan cairan merembes melaluinya.

Diaphragm: perangkat karet sintetis yang membagi akumulator menjadi dua kompartemen yang terpisah, satu untuk udara dan yang lainnya untuk cairan.

D C V: *directional control valve* = katup pengarah

Displacement: volume cairan yang dapat melewati pompa, motor atau silinder dalam sebuah putaran atau langkah tunggal.

Double-action actuating cylinder: Lihat silinder penggerak, kerja ganda.

Drive coupling: perangkat yang mentransmisikan torsi dari unit penggerak ke drive poros pompa hidraulik yang digerakkan.

Fitting: Sambungan antara pipa dengan selang dalam sistim hydraulik.

Fluida: Zat yang berbentuk cair atau gas yang digunakan pada sistim Hydraulik.

Efficiency: perbandingan antara daya output dengan daya input, umumnya dinyatakan sebagai persentase.

Energy: kemampuan atau kapasitas untuk melakukan pekerjaan.

Filter: perangkat yang digunakan untuk menghilangkan kontaminan atau pencemar atau kotoran dari cairan hidraulik.

Fixed-displacement pump: pompa di mana volume cairan per siklus tidak dapat bervariasi.

Fluid: cairan, atau gas, atau campurannya.

Hydraulics: cabang mekanik atau teknik yang berhubungan dengan kerja atau penggunaan tenaga cairan bertekanan melalui tabung atau saluran di bawah tekanan untuk mengoperasikan berbagai mekanikme.

Irreversible valve: perangkat yang digunakan bersamaan dengan servo untuk memblokir umpan balik.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L): Peraturan –peraturan yang berlaku berdasarkan pada landasan hukum yang berkaitan dengan aktifitas di lingkungan kerja, Bengkel, dan Industri secara spesifik maupun umum.

Kompetensi: Kemampuan seseorang yang dapat diobservasi yang mencakup atas pengetahuan, keterampilan dan sikap dalam menyelesaikan suatu pekerjaan atau tugas sesuai dengan standar kinerja yang ditetapkan.

Kriteria unjuk kerja: Pernyataan sejauh mana sub kompetensi yang dipersyaratkan tersebut terukur berdasarkan pada tingkat yang diinginkan .

Land: permukaanhalus yang dikerjakan dengan mesin pada spool dari katup pemilih spool.

Micron: sepersejuta meter, atau sekitar 0.00004 inci.

Oil: Fluida hydraulik yang terbuat dari berbagai bahan dasar minyak

Oksidasi: Persenyawaan kimia antara oksegen (O2) dengan unsur-unsur lainnya.

Open-center valve: jenis katup yang memiliki lintasan tekanan yang terbuka untuk kembali ketika katup dalam posisi OFF.

Orifice: perangkat yang digunakan untuk membatasi aliran fluida dalam rangka untuk memperlambat pengoperasian komponen.

P&IDs: singkatan dari *Piping and Instrumentation Diagrams,* yaitu diagram sistem pemipaan dan sistem instrumentasi.

Pilot valve: katup yang digunakan untuk mengendalikan operasi katup lain, atau spool pada katup pemilih.

Piston: bagian dari silinder penggerak, servo, atau motor dimana cairan hidraulik bekerja melawannya. Dalam pompa, piston bekerja melawan cairan.

Poppet: perangkat katup mirip dengan katup yang ditemukan di mesin mobil.

Port: lubang untuk pemasukan atau pengeluaran cairan hidraulik.

Power: Tenaga yang menunjukkan tingkat pekerjaan yang dilakukan atau energi yang dikeluarakan melakukan pekerjaan atau mengeluarkan energi.

Pressure: jumlah gaya yang didistribusikan ke masing-masing satuan luas dinyatakan dalam pound per square inch (psi).

Pressure reducer: perangkat untuk menurunkan tekanan dalam sistem hidraulik agar memungkinkan komponen untuk beroperasi pada tekanan yang lebih rendah dari seluruh sistem.

Pressure relief valve: katup kontrol tekanan yang digunakan untuk menjaga tekanan sistem tidak melebihi batas yang telah ditentukan.

Pressure switch: saklar listrik yang dioperasikan oleh kenaikan atau penurunan tekanan fluida.

Priority valve: katup yang digunakan untuk menyalurkan cairan ke komponen yang membutuhkan penyelesaian kerja secara segera ketika penurunan aliran dan tekanan sistem normal terjadi.

Pump: perangkat yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi fluida.

Ratchet valve: katup yang digunakan dengan silinder aktuator kerja ganda untuk membantu silinder menahan beban dalam posisi yang dipilih oleh operator.

Relief Valve: Katup yang berfungsi untuk mengatur sistem agar bekerja secara halus dan bekerja tanpa tersendat-sendat.

Reservoir: tempat yang berfungsi melayani terutama sebagai sumber pasokan cairan untuk sistem hidraulik.

Seal: Ring yang terbuat dari karet yang berfungsi sebagai perapat pada sistim hydraulik

Selector valve: katup yang digunakan untuk mengontrol arah pergerakan dari suatu unit penggerak.

Selenoid: salah satu bentuk penggerak katup yang bekerjanya menggunakan prinsip elektro magnetik. Jadi dikendalikan secara elektris.

Servo: perangkat yang digunakan untuk mengonversi gerakan kecil menjadi gerakan atau gaya yang lebih besar

Silinder hidraulik: salah satu bentuk unit penggerak yang menghasilkan gerak lurus.

Sloppy link: titik interkoneksi antara kontrol linkage, katup pilot, dan batang piston servo pada servo.

Spool: piston katup pada jenis katup geser yang berfungsi untuk membuka dan menutup katup.

Standar Kompetensi: Kesepakatan tentang Kompetensi yang diperlukan pada suatu bidang pekerjaan oleh seluruh stake holder di bidangnya,atau perumusan tentang kemampuan yang harus dimiliki seseorang untuk melakukan tugas atau pekerjaan yang didasari atas pengetahuan keterampilan dan sikap kerja sesuai dengan unjuk kerja yang dipersyaratkan.

Standpipe: pipa yang terletak di reservoir dimana sistem hidraulik utama menarik cairan ini.

Stroke: jarak piston bergerak dalam lubang silinder dari bawah ke atas, atau satu gerakan piston dari satu ujung langkah ke ujung yang lain.

Thermal expansion: peningkatan volume zat karena perubahan suhu.

Tube: salah satu bentuk konduktor/penghubung pada sistem hidraulik yang berbentuk pipa yang umumnya terbuat dari tembaga dan bersifat seni fleksibel.

Variable-delivery pump: jenis pompa di mana volume cairan per siklus dapat bervariasi.

BAB I

PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI

Buku ini dirancang untuk menyediakan bahan pembelajaran pada Program Keahlian Teknik Pesawat Udara, khususnya untuk Paket Keahlian Airframe Mechanic atau Paket Keahlian lainnya yang di dalamnya juga memuat Mata Pelajaran Aircraft Hydraulic & Pneumatic System.

Penjelasan dalam buku teks bahan ajar ini meliputi pengetahuan hidraulik dan pneumatik, penjelasan prinsip-prinsip hidraulik dan studi tentang fluida yang digunakan pada sistem hidraulik pesawat udara.

Pada bagian awal dari buku teks bahan ajar ini dijelaskan tentang teori fisika yang mendasari konsep hidraulik dan sedikit perhitungan yang berkaitan dengan konsep dasar hidraulik.

Sistem satuan yang digunakan pada perhitungan maupun penjelasan lainnya adalah dengan sistem metrik atau yang dikenal dengan Sistem Internasional, disamping itu digunakan pula sistem satuan Imperial atau Sistem British, yang kadang-kadang juga disebut Sistem Teknik. Kedua sistem satuan ini sengaja ditampilkan mengingat kedua sistem ini diakomodir dan digunakan pada industri pesawat terbang sampai masa kini. Sedikit konversi kedua sistem satuan ini diberikan terutama untuk besaran-besar pokok.

Anda juga akan dikenalkan pada dasar-dasar pemipaan hidraulik, teknik pembuatan saluran pipa dan selang (*hose*), prinsip-prinsip penginstalasian saluran hidraulik dan penggunaan sil dan perapat untuk mencegah kebocoran pada sistem pemipaan.

Dari buku ini, Anda juga akan dikenalkan penggunaan sistem hidraulik dan pneumatik pada pesawat udara, komponen-komponen utama dari sistem, fungsi dan cara kerjanya, serta pengetahuan cara pemeliharaannya.

Pada bagian belakang dari buku teks bahan ajar ini diberikan penjelasan tentang cairan hidraulik yang merupakan media kerja dari bekerjanya sistem hidraulik.

Untuk menyelesaikan pembelajaran “Sistem Hidraulik dan Pneumatik Pesawat Udara” (“*Aircraft Hydraulic and Pneumatic System*”) diharapkan Anda dapat menyelesaikan secara urut tahap-tahap pembelajaran mulai dari Kegiatan Belajar 1, 2, 3,

dan seterusnya dengan cara menjawab secara benar setiap pertanyaan maupun tugas-tugas yang diberikan minimal 70 persen dari setiap soal dan tugas yang menyertai setiap kegiatan pembelajaran.

B. PRASYARAT

Berdasarkan peta kedudukan bahan ajar, maka sebelum mempelajari buku teks ini, diharapkan anda telah memahami dan tuntas terlebih dahulu dalam mata pelajaran Basic Aircraft Technology and Knowledge, Basic Skills, dan Aerodynamics and Flight Control.

Selanjutnya untuk bisa mengikuti dan menyelesaikan pembelajaran ini tidak diperlukan syarat-syarat khusus, kecuali hanya beberapa kemampuan berhitung/ matematika dasar, dan pengenalan alat-alat kerja yang juga akan diberikan dan dijelaskan penggunaannya dalam buku ini juga.

C. PETUNJUK PENGGUNAAN BAHAN AJAR

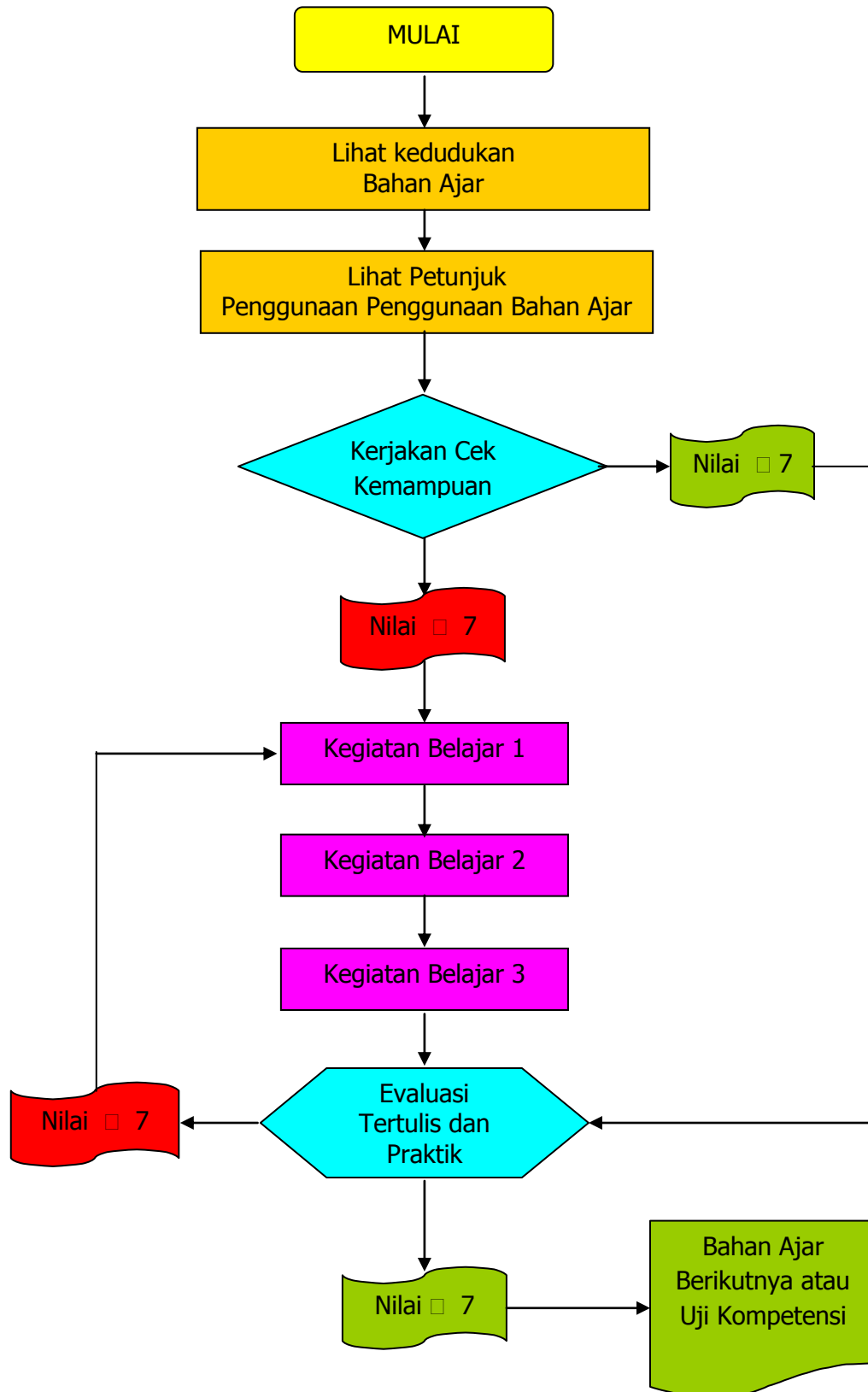
Program pembelajaran pada buku teks ini menggambarkan pembelajaran yang langsung telah disiapkan pada saat ini. Pada situasi kerja anda sendiri diharapkan selalu merujuk pada publikasi dan referensi terbaru.

Penggunaan buku ini harus dilakukan secara sistematis dan bertahap, artinya anda harus membaca untuk memahami setiap kandungan yang ada pada buku ini, mulai dari bagian pendahuluan sampai bagian evaluasi secara tuntas. Jangan memulai pembelajaran mulai dari bagian tengah apalagi memulai di bagian akhir.

Anda diminta melakukan penilain diri (*self assessment*) terlebih dahulu untuk mengetahui kemampuan awal yang telah anda miliki sebelum kemudian melanjutkan pembelajaran ke tahap-tahap berikutnya.

Setiap soal dan tugas yang tercantum pada setiap kegiatan belajar harus dikerjakan dengan minimal harus memperoleh skor 70 persen, baru anda bisa melanjutkan ke tahap berikutnya.

Lakukan proses Pembelajaran dengan mekanikme seperti ditunjukkan pada diagram di bawah ini.

Diagram Mekanikme Pembelajaran

D. TUJUAN AKHIR

Setelah selesai mempelajari buku teks ini diharapkan Anda dapat memahami sekaligus mendemonstrasikan pengetahuan dari konsep dasar, penerapan, karakteristik sistem hidraulik dan pneumatik yang di dalamnya mencakup pemipaan, selang-selang, cairan hidraulik, dan komponen-komponen lain yang bisa membuat komponen sehingga bisa bekerja.

Anda juga diharapkan bisa mengidentifikasi dan menemukan kesalahan pada sistem maupun komponen-komponennya begitu juga dalam pemeliharaan/ perawatan dan perbaikannya.

E. KOMPETINSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR

Kompetensi inti dan kompetensi dasar yang harus dicapai setelah mempelajari buku teks ini adalah mengacu pada standar kompetensi dan kompetensi dasar yang tertuang pada silabus implementatif mata pelajaran “*Aircraft Hydraulic and Pneumatic System*”. Isinya adalah sebagai berikut:

1. Kompetensi Inti

a. KI 1: Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya

b. KI 2: Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli gotong royong, kerja sama, toleran, damai, santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

c. KI 3: Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.

d. KI 4: Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung

2. Kompetensi Dasar

(berdasarkan silabus implementatif)

3.1. Memahami konsep dasar hidraulik dan pneumatik berikut implementasinya pada penggunaan umum dan penerapan di pesawat udara.

4.1. Menyajikan proses menghitung yang berkaitan dengan keuntungan penggunaan tenaga hidraulik dan pneumatik.

3.2. Mengidentifikasi sistem hidraulik dan pneumatik beserta komponen-komponennya untuk keperluan umum atau untuk pesawat udara.

4.2. Menyajikan gambar diagram sistem hidraulik dan pneumatik sederhana yang terdiri dari komponen utama.

3.3. Memahami simbol-simbol komponen dan diagram rangkaian sistem hidraulik dan pneumatik pesawat udara.

4.3. Membuat gambar diagram rangkaian sistem hidraulik dan pneumatik pesawat sederhana dari simbol-simbol komponen yang tersedia berdasarkan instruksi kerja/ sesuai SOP

3.4. Memahami perhitungan bentangan, pembengkokan, dan pembuatan instalasi pemipaan untuk keperluan sistem hidraulik dan pneumatik umum atau untuk pesawat udara.

4.4. Menghitung bentangan, memotong, membengkok, dan membuat instalasi pemipaan sistem hidraulik dan pneumatik untuk keperluan umum atau untuk pesawat udara.

3.5. Memahami teknik pemeriksaan dan perawatan komponen dan sistem hidraulik pneumatik pada pesawat udara.

4.5. Melakukan pemeriksaan dan perawatan komponen dan sistem hidraulik pneumatik pesawat udara.

3.6. Memahami jenis-jenis cairan hidraulik, karakteristiknya, dan penanganannya.

4.6. Mendiagnosa kontaminasi yang terjadi pada berbagai jenis cairan hidraulik dan menjaga agar kualitasnya tetap terjamin.

Catatan:

Angka 3 pada rumusan Kompetensi Dasar menunjukkan kemampuan yang berhubungan dengan Pengetahuan Kognitif.

Angka 4 pada rumusan Kompetensi Dasar menunjukkan kemampuan yang berhubungan dengan Keterampilan Psikomotorik.

F. CEK KEMAMPUAN AWAL

Sebelum mempelajari lebih lanjut Bahan Ajar dengan kode **KRPU-C3.3-XI** (***Aircraft Hydraulic & Pneumatic System***)ini, lakukan penilaian diri (sel assessment) untuk mengetahui terlebih dahulu kemampuan atau kompetensi yang telah Anda miliki dengan membubuhkan tanda cek (□) pada kolom jawaban "**ya**" atau "**tidak**" dengan sikap jujur, apa adanya, dan dapat dipertanggung jawabkan :

KOMPETENSI DASAR	PERNYATAAN	JAWABAN		BILA JAWABAN 'YA', KERJAKAN
		YA	TIDAK	
Memahami Konsep Dasar Hidraulik dan Pneumatik.	1. Saya dapat menjelaskan metode penggunaan cairan untuk menghasilkan gaya.			Soal Tes Formatif 1.
	2. Saya dapat menjelaskan distribusi besarnya tekanan yang bekerja pada cairan di dalam silinder/kolom terbuka.			
	3. Saya dapat menjelaskan distribusi besarnya tekanan yang bekerja pada cairan di dalam silinder/kolom tertutup di bawah tekanan piston.			
	4. Saya dapat menjelaskan dua fakta mengenai tekanan hidraulik yang ditemukan oleh Joseph Bramah.			
	5. Dengan hukum Paskal, saya dapat menghitung dan menunjukkan cara meningkatkan gaya keluaran (*output force*) dari gaya masukan (*input force*) yang diberikan.			
	6. Saya dapat menjelaskan keuntungan mekanik pada sistem hidraulik.			
	7. Saya dapat menghitung besarnya usaha/energi atau kerja yang dihasilkan oleh gerakan piston akibat tekanan cairan dalam suatu silinder.			

KOMPETENSI DASAR	PERNYATAAN	JAWABAN		BILA JAWABAN 'YA', KERJAKAN
		YA	TIDAK	
	8. Saya dapat membedakan karakteristik fluida yang digunakan pada sistem hidraulik dan pneumatik.			
Memahami Sistem Hidraulik dan Komponennya.	1. Saya dapat menjelaskan sistem hidraulik dasar dan komponen-komponen serta fungsi masing-masing komponen juga cara bekerjanya.			Soal Tes Formatif 2.
	2. Saya dapat menjelaskan sistem hidraulik terbuka dan komponen-komponen serta fungsi masing-masing komponen juga cara bekerjanya.			
	3. Saya dapat menjelaskan sistem hidraulik tertutup dan komponen-komponen serta fungsi masing-masing komponen juga cara bekerjanya.			
Memahami Simbol Komponen dan Diagram Rangkaian Sistem Hidraulik dan Pneumatik.	1. Saya dapat menjelaskan simbol-simbol komponen pada sistem hidraulik			Soal Tes Formatif 3.
	2. Saya dapat memahami gambar diagram rangkaian sistem hidraulik			
	3. Saya dapat membuat instalasi sistem hidraulik berdasarkan gambar diagram rangkaian sistem hidraulik sederhana yang diberikan.			
Menghitung Bentangan, Membengkok, membuat flare dan sambungan pipa, dan Membuat	1. Saya dapat memahami teori dan menerapkan perhitungan bentangan pada bengkokan pipa.			Soal Tes Formatif 4.

KOMPETENSI DASAR	PERNYATAAN	JAWABAN		BILA JAWABAN 'YA', KERJAKAN
		YA	TIDAK	
Instalasi Pemipaan Hidraulik dan Pneumatik.	2. Saya dapat melakukan proses memotong, membengkok, flaring, dan menyambung pipa menggunakan konektor dan kelengkapannya.			
	3. Saya mengerjakan instalasi pemipaan berdasarkan gambar kerja yang diberikan			
Melakukan Pemeriksaan dan Pemeliharaan Sistem dan Komponen Hidraulik dan Pneumatik.	1. Saya dapat mengidentifikasi kebocoran dan kerusakan pada sistem hidraulik.			Soal Tes Formatif 5.
	2. Saya dapat melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan terhadap sistem dan komponennya			
	3. Saya dapat melakukan penjadwalan untuk pemeliharaan dan pelayanan agar sistem senatiasa bekerja optimal			
Mengidentifikasi Jenis-jenis Cairan Hidraulik, Karakteristik, dan Penanganannya.	1. Saya bisa menjelaskan jenis-jenis dan karakteristik fluida yang digunakan pada sistem hidraulik.			Soal Tes Formatif 6.
	2. Saya dapat menjelaskan cara menangani dan memelihara cairan hidraulik.			
	3. Saya dapat mendeteksi cairan hidraulik yang terkontaminasi.			
	4. Saya dapat menjelaskan sifat-sifat ideal yang harus dimiliki oleh cairan hidraulik untuk pesawat.			

Bila jawaban Anda“**tidak”,** maka Anda harus mempelajari Bahan Ajar ini secara cermat sampai tuntas.

BAB II

PEMBELAJARAN

A. DESKRIPSI

Pada bagian pembelajaran ini, Anda akan mempelajari definisi atau pengertian hidraulik, penerapannya secara umum dan secara khusus penerapan pada pesawat udara. Aplikasi hukum Paskal pada perhitungan yang berkaitan dengan keuntungan mekanik dari sistem hidraulik, dan usaha atau kerja yang dilakukan oleh piston pada silinder hidraulik juga akan dibahas di sini.

Anda juga akan mempelajari sistem hidraulik dasar secara umum dan yang diterapkan pada pesawat udara berikut komponen-komponennya dengan fungsinya masing-masing, beserta cara perawatan dan perbaikannya.

Deskripsi pembuatan instalasi pemipaan sebagai jalur cairan hidraulik beserta sistem koneksi antar pipa dan antar komponen juga akan anda jumpai secara memadai.

Cara menngidentifikasi dan mendeteksi terjadinya kebocoran sistem hidraulik serta cara memperbaikinya akan diberikan dan dijelaskan secukupnya dan bisa dijadikan rujukan bagi teknisi pemeliharaan dan perbaikan sistem hidraulik.

Disamping itu akan dipelajari pula jenis-jenis fluida atau cairan sebagai media kerja yang digunakan pada sistem hidraulik pesawat udara, seperti apa karakteristiknya, dan bagaimana cara merawat dan menanganinya.

B. KEGIATAN BELAJAR

Pada kegiatan pembelajaran ini akan disajikan kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan siswa peserta pendidikan dan latihan (diklat).

Beberapa kegiatan belajar dirancang dan diuraikan secara sistematis dan diberikan dengan urutan bertahap seperti berikut ini.

SISTEM PNEUMATIK PESAWAT UADARA

I. PENDAHULUAN

Pneumatik merupakan teori atau pengetahuan tentang udara yang bergerak, keadaan-keadaan keseimbangan udara dan syarat-syarat keseimbangan. Perkataan pneumatik berasal bahasa Yunani " *pneuma* " yang berarti "*napas*" atau "*udara*". Jadi pneumatik berarti *terisi udara* atau digerakkan oleh udara mampat.

Pneumatik merupakan cabang teori aliran atau mekanika fluida dan tidak hanya meliputi penelitian aliran-aliran udara melalui suatu sistem saluran, yang terdiri atas pipa-pipa, selang-selang, gawai dan sebagainya, tetapi juga aksi dan penggunaan udara mampat.

Pneumatik menggunakan hukum-hukum aeromekanika, yang menentukan keadaan keseimbangan gas dan uap (khususnya udara atmosfir) dengan adanya gaya-gaya luar (aerostatika) dan teori aliran (aerodinamika).

Pneumatik dalam pelaksanaan teknik udara mampat dalam industri merupakan ilmu pengetahuan dari semua proses mekanik di mana udara memindahkan suatu gaya atau gerakan. Jadi pneumatik meliputi semua komponen mesin atau peralatan, dalam mana terjadi proses-proses pneumatik. Dalam bidang kejuruan teknik pneumatik dalam pengertian yang lebih sempit lagi adalah teknik udara mampat (udara bertekanan).

Komponen pneumatik beroperasi pada tekanan 8 s.d. 10 bar, tetapi dalam praktik dianjurkan beroperasi pada tekanan 5 s.d. 6 bar untuk penggunaan yang ekonomis.

Beberapa bidang aplikasi di industri yang menggunakan media pneumatik dalam hal penangan material adalah sebagai berikut :

a. Pencekaman benda kerja
b. Penggeseran benda kerja
c. Pengaturan posisi benda kerja
d. Pengaturan arah benda kerja

Penerapan pneumatik secara umum :

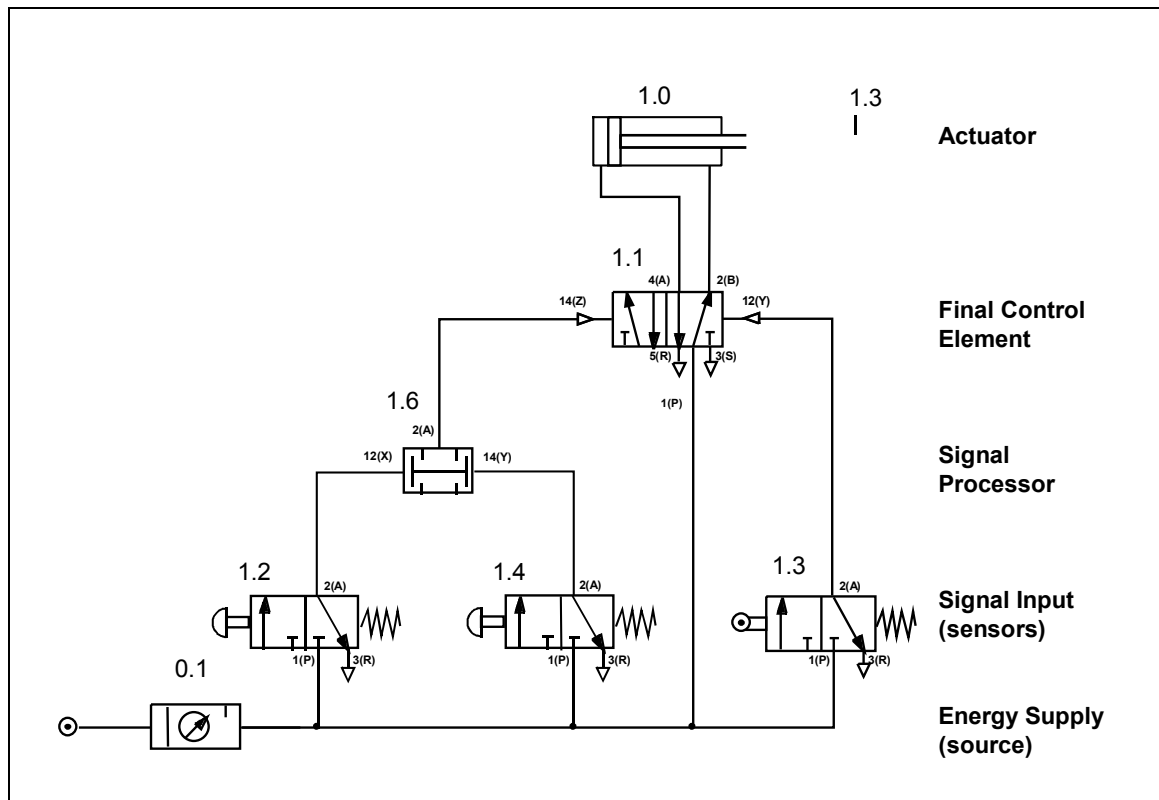
a. Pengemasan (*packaging*)
b. Pemakanan (*feeding*)
c. Pengukuran (*metering*)
d. Pengaturan buka dan tutup (*door or chute control*)
e. Pemindahan material (*transfer of materials*)
f. Pemutaran dan pembalikan benda kerja (*turning and inverting of parts*)
g. Pemilahan bahan (*sorting of parts*)
h. Penyusunan benda kerja (*stacking of components*)
i. Pencetakan benda kerja (*stamping and embosing of components*)

Susunan sistem pneumatik adalah sebagai berikut :

a. Catu daya (*energi supply*)
b. Elemen masukan (*sensors*)
c. Elemen pengolah (*processors*)
d. Elemen kerja (*actuators*)

Gambar berikut adalah diagram alir dari aliran sinyal sistem pneumatik :

ELEMEN KERJA Keluaran	**AKTUATOR** : Silinder pneumatik Aktuator Putar Indikator	
ELEMENKONTROL AKHIR Sinyal Kontrol	**ELEMEN KONTROL** Katup Kontrol Arah	4(A) 2(B) 5(R) 3(S) 1(P)
↑		
ELEMEN PEMROSES Sinyal Pemroses	**PROSESOR** : Katup Kontrol Arah Elemen Logika Katup Kontrol Tekanan	2(A) 12(X) 14(Y)
↑		
ELEMEN MASUKAN Sinyal Masukan	**SENSOR** : Katup Kontrol Arah Katup Batas Tombol Sensor Proksimitas	2(A) 1(P) 3(R)
↑		
CATU DAYA Sumber Energi	**PASOKAN ENERGI** : Kompresor Tangki Pengatur Tekanan Peralatan Pelayanan Udara	

Gambar berikut adalah rangkaian diagram pneumatik :

Pada bagian ini akan dibahas keuntungan dan kerugian pemakaian pneumatik, produksi udara bertekanan yaitu tentang cara mendapatkan udara bertekanan yang kering dan bersih dan pendistribusian udara bertekanan yang berisi cara menyalurkan udara bertekanan dari kompresor sampai ke pemakai.

PETUNJUK UNTUK BAB INI

Buku teks ini dapat digunakan oleh siapa saja terutama siswa-siswa SMK Program Keahlian Teknik Pesawat Udara yang ingin mempelajari dasar-dasar pneumatik tentang pendistribusian udara dari kompresor sampai ke pemakai pneumatik. Khusus bagi siswa-siswa pada Paket Keahlian Airframe & Powerplant, buku teks ini ini dapat memenuhi tuntutan seperti yang tertulis pada Kompetensi DasarProgram Keahlian Airframe & Powerplant yang tertuang pada Kurikulum 2013 .

Buku teks ini berisi tiga kegiatan pembelajaran yaitu :

A. Kegiatan Belajar 1 : Keuntungan Dan Kerugian Pemakaian Pneumatik

B. Kegiatan Belajar 2 : Produksi Udara Bertekanan

C. Kegiatan Belajar 3 : Distribusi Udara Bertekanan

Setiap kegiatan belajar berisi informasi teori, lembar latihan dan lembar jawaban. Mulailah mempelajari modul ini secara urut dari kegiatan 1 sampai kegiatan 3. Sebelum memulai kegiatan selanjutnya, jawablah pertanyaan-pertanyaan pada lembar jawaban. Jawaban pertanyaan anda dapat mengukur sendiri sampai sejauh mana anda memahami materi yang diberikan. Kunci jawaban ada pada lembar jawaban.

Setelah belajar materi “Pembangkitan dan Pendistribusian Udara Bertekanan“, anda dapat mempelajari materi selanjutnya yaitu materi pneumatik tentang “ Komponen-Komponen Kontrol Pneumatik “.

Selamat belajar !

B. KEGIATAN BELAJAR

1. Kegiatan Belajar 1Keuntungan dan Kerugian Pemakaian Pneumatik

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai proses pembelajaran, diharapkan siswa dapat :

1. Menyebutkan Minimal 10 Keuntungan Pemakaian Pneumatik.
2. Menyebutkan minimal 5 kerugian pemakaian pneumatik
3. Memahami keuntungan dan kerugian pemakaian energi udara bertekanan,
4. Memahami fungsi kompresor dan aplikasinya dengan benar,
5. Memahami udara bertekanan yang dibutuhkan sistem pneumatik,
6. Memahami cara penyimpanan udara bertekanan,
7. Memahami cara pengeringan udara dalam sistem pneumatik,
8. Memahami cara mendrisbusikan udara bertekanan ke pemakai,
9. Memahami fungsi unit pemeliharaan pada sistem pneumatik.

b. Uraian Materi

1.1 Alasan Pemakaian Pneumatik

Persaingan antara peralatan pneumatik dengan peralatan mekanik, hidraulik atau elektrik makin menjadi besar. Dalam penggunaannya sistem pneumatik diutamakan karena beberapa hal yaitu :

a. Paling banyak dipertimbangkan untuk beberapa mekanikasi,

b. Dapat bertahan lebih baik terhadap keadaan-keadaan tertentu

Sering kali suatu proses tertentu dengan cara pneumatik, berjalan lebih rapi (efisien) dibandingkan dengan cara lainnya.

Contoh :

1). Palu-palu bor dan keling pneumatik adalah jauh lebih baik dibandingkan dengan perkakas-perkakas elektrik serupa karena lebih ringan, lebih ada kepastian kerja dan lebih sederhana dalam pelayanan.

2). Pesawat-pesawat pneumatik telah mengambil suatu kedudukan monopoli yang penting pada :

a). Rem-rem udara bertekanan untuk mobil angkutan dan gerbong-gerbong kereta api, alat-alat angkat dan alat-alat angkut.

B). Pistol-pistol (alat cat semprot, mesin-mesin peniup kaca, berbagai jenis penyejukan udara, kepala-kepala asah kecepatan tinggi).

Udara bertekanan memiliki banyak sekali keuntungan, tetapi dengan sendirinya juga terdapat segi-segi yang merugikan atau lebih baik pembatasan-pembatasan pada penggunaannya. Hal-hal yang menguntungkan dari pneumatik pada mekanikasi yang sesuai dengan tujuan sudah diakui oleh cabang-cabang industri yang lebih banyak lagi. Pneumatik mulai digunakan untuk pengendalian maupun penggerakan mesin-mesin dan alat-alat.

1.2 Keuntungan Pemakaian Pneumatik

a. Merupakan media/fluida kerja yang ***mudah didapat*** dan ***mudah diangkut*** :

1). Udara di mana saja tersedia dalam jumlah yang tak terhingga.

2). Saluran-saluran balik tidak diperlukan karena udara bekas dapat dibuang bebas ke atmosfir, sistem elektrik dan hidraulik memerlukan saluran balik.

3). Udara bertekanan dapat diangkut dengan mudah melalui saluran-saluran dengan jarak yang besar, jadi pembuangan udara bertekanan dapat dipusatkan dan menggunakan saluran melingkar semua pemakai dalam satu perusahaan dapat dilayani udara bertekanan dengan tekanan tetap dan sama besarnya. Melalui saluran-saluran cabang dan pipa-pipa selang, energi udara bertekanan dapat disediakan di mana saja dalam perusahaan.

b. Dapat ***disimpandengan mudah*** :

1). Sumber udara bertekanan (kompresor) hanya menyerahkan udara bertekanan kalau udara bertekanan ini memang digunakan. Jadi kompresor tidak perlu bekerja seperti halnya pada pompa peralatan hidraulik.

2). Pengangkutan ke dan penyimpanan dalam tangki-tangki penampung juga dimungkinkan.

3). Suatu daur kerja yang telah dimulai selalu dapat diselesaikan, demikian pula kalau penyediaan listrik tiba-tiba dihentikan.

c. ***Bersih*** dan ***kering*** :

1). Udara bertekanan adalah bersih. Kalau ada kebocoran pada saluran pipa, benda-benda kerja maupun bahan-bahan disekelilingnya tidak akan menjadi kotor.

2). Udara bertekanan adalah kering. Bila terdapat kerusakan pipa-pipa tidak akan ada pengotoran-pengotoran, bintik minyak dansebagainya.

3). Dalam industri pangan, kayu, kulit dan tenun serta pada mesin-mesin pengepakan hal yang memang penting sekali adalah bahwa peralatan tetap bersih selama bekerja.

Sistem pneumatik yang bocor bekerja merugikan dilihat dari sudut ekonomis, tetapi dalam keadaan darurat pekerjaan tetap dapat berlangsung. Tidak terdapat minyak bocoran yang mengganggu seperti pada sistem hidraulik.

d. ***Tidak peka*** terhadap ***suhu***

1). Udara bersih (tanpa uap air) dapat digunakan sepenuhnya pada suhu-suhu yang tinggi atau pada nilai-nilai yang rendah, jauh di bawah titik beku (masing-masing panas atau dingin).

2). Udara bertekanan juga dapat digunakan pada tempat-tempat yang sangat panas, misalnya untuk pelayanan tempa tekan, pintu-pintu dapur pijar, dapur pengerasan atau dapur lumer.

3). Peralatan-peralatan atau saluran-saluran pipa dapat digunakan secara aman dalam lingkungan yang panas sekali, misalnya pada industri-industri baja atau bengkel-bengkel tuang (cor).

e. ***Aman*** terhadap ***kebakaran dan ledakan***

1). Keamanan kerja serta produksi besar dari udara bertekanan tidak mengandung bahaya kebakaran maupun ledakan.

2). Dalam ruang-ruang dengan risiko timbulnya kebakaran atau ledakan atau gas-gas yang dapat meledak dapat dibebaskan, alat-alat pneumatik dapat digunakan tanpa dibutuhkan pengamanan yang mahal dan luas. Dalam ruang seperti itu kendali elektrik dalam banyak hal tidak diinginkan.

f. Tidak diperlukan ***pendinginan fluida kerja***

1). Pembawa energi (udara bertekanan) tidak perlu diganti sehingga untuk ini tidak dibutuhkan biaya. Minyak setidak-tidaknya harus diganti setelah 100 sampai 125 jam kerja.

g. ***Rasional*** (menguntungkan)

1). Pneumatik adalah 40 sampai 50 kali lebih murah daripada tenaga otot. Hal ini sangat penting pada mekanikasi dan otomatisasi produksi.

2). Komponen-komponen untuk peralatan pneumatik tanpa pengecualian adalah lebih murah jika dibandingkan dengan komponen-komponen peralatan hidraulik.

h. ***Kesederhanaan*** (mudah pemeliharaan)

1). Karena konstruksi sederhana, peralatan-peralatan udara bertekanan hampir tidak peka gangguan.

2). Gerakan-gerakan lurus dilaksanakan secara sederhana tanpa komponen mekanik, seperti tuas-tuas, eksentrik, cakera bubungan, pegas, poros sekerup dan roda gigi.

3). Konstruksinya yang sederhana menyebabkan waktu montase (pemasangan) menjadi singkat, kerusakan-kerusakan seringkali dapat direparasi sendiri, yaitu oleh ahli teknik, montir atau operator setempat.

4). Komponen-komponennya dengan mudah dapat dipasang dan setelah dibuka dapat digunakan kembali untuk penggunaan-penggunaan lainnya.

i. Sifat ***dapat bergerak***

1). Selang-selang elastik memberi kebebasan pindah yang besar sekali dari komponen pneumatik ini.

j. ***Aman***

1). Sama sekali tidak ada bahaya dalam hubungan penggunaan pneumatik, juga tidak jika digunakan dalam ruang-ruang lembab atau di udara luar. Pada alat-alat elektrik ada bahaya hubungan singkat.

k. Dapat ***dibebani lebih (tahan pembebanan lebih)***

Alat-alat udara bertekanan dan komponen-komponen berfungsi dapat ditahan sedemikian rupa hingga berhenti. Dengan cara ini komponen-komponen akan aman terhadap pembebanan lebih. Komponen-komponen ini juga dapat direm sampai keadaan berhenti tanpa kerugian.

1). Pada pembebanan lebih alat-alat udara bertekanan memang akan berhenti, tetapi tidak akan mengalami kerusakan. Alat-alat listrik terbakar pada pembebanan lebih.

2). Suatu jaringan udara bertekanan dapat diberi beban lebih tanpa rusak.

3). Silinder-silinder gaya tak peka pembebanan lebih dan dengan menggunakan katup-katup khusus maka kecepatan torak dapat disetel tanpa bertingkat.

l. Jaminan ***bekerja*** besar

Jaminan bekerja besar dapat diperoleh karena :

1). Peralatan serta komponen bangunannya sangat tahan aus.

2). Peralatan serta komponen pada suhu yang relatif tinggi dapat digunakan sepenuhnya dan tetap demikian.

3). Peralatan pada timbulnya naik turun suhu yang singkat tetap dapat berfungsi.

4). Kebocoran-kebocoran yang mungkin ada tidak mempengaruhi ketentuan bekerjanya suatu instalasi.

m. ***Biaya pemasanganmurah***

1). Mengembalikan udara bertekanan yang telah digunakan ke sumbernya (kompresor) tidak perlu dilakukan. Udara bekas dengan segera mengalir keluar ke atmosfir, sehingga tidak diperlukan saluran-saluran balik, hanya saluran masuk saja.

2). Suatu peralatan udara bertekanan dengan kapasitas yang tepat, dapat melayani semua pemakai dalam satu industri. Sebaliknya, pengendalian-pengendalian hidraulik memerlukan sumber energi untuk setiap instalasi tersendiri (motor dan pompa).

n. ***Pengawasan*** (kontrol)

1). Pengawasan tekanan kerja dan gaya-gaya atas komponen udara bertekanan yang berfungsi dengan mudah dapat dilaksanakan dengan pengukur-pengukur tekanan (manometer).

o. Fluida ***kerja cepat***

1). Kecepatan-kecepatan udara yang sangat tinggi menjamin bekerjanya elemen-elemen pneumatik dengan cepat. Oleh sebab itu waktu menghidupkan adalah singkat dan perubahan energi menjadi kerja berjalan cepat.

2). Dengan udara mampat orang dapat melaksanakan jumlah perputaran yang tinggi (Motor Udara) dan kecepatan-kecepatan piston besar (silinder-silinder kerja).

3). Udara bertekanan dapat mencapai kecepatan alir sampai 1000 m/min (dibandingkan dengan energi hidraulik sampai 180 m/min).

4). Dalam silinder pneumatik kecepatan silinder dari 1 sampai 2 m/detik mungkin saja (dalam pelaksanaan khusus malah sampai 15 m/detik).

5). Kecepatan sinyal-sinyal kendali pada umumnya terletak antara 40 dan 70 m/detik (2400 sampai 4200 m/min)

p. ***Dapat diatur*** tanpa bertingkat

1). Dengan katup pengatur aliran, kecepatan dan gaya dapat diatur tanpa bertingkat mulai dari suatu nilai minimum (ditentukan oleh besarnya silinder) sampai maksimum (tergantung katup pengatur yang digunakan).

2). Tekanan udara dengan sederhana dan kalau dibutuhkan dalam keadaan sedang bekerja dapat disesuaikan dengan keadaan.

3). Beda perkakas rentang tenaga jepitnya dapat disetel dengan memvariasikan tekanan udara tanpa bertingkat dari 0 sampai 6 bar.

4). Tumpuan-tumpuan dapat disetel guna mengatur panjang langkah silinder kerja yang dapat disetel terus-menerus (panjang langkah ini dapat bervariasi sembarang antara kedua kedudukan akhirnya).

5). Perkakas-perkakas pneumatik yang berputar dapat diatur jumlah putaran dan momen putarnya tanpa bertingkat.

p. ***Ringan*** sekali

Berat alat-alat pneumatik jauh lebih kecil daripada mesin yang digerakkan elektrik dan perkakas-perkakas konstruksi elektrik (hal ini sangat penting pada perkakas tangan atau perkakas tumbuk). Perbandingan berat (dengan daya yang sama) antara :

- Motor pneumatik : motor elektrik = 1 : 8 (sampai 10)
- Motor pneumatik : motor frekuensi tinggi = 1 : 3 (sampai 4)

q. Kemungkinan ***penggunaan lagi*** (ulang)

Komponen-komponen pneumatik dapat digunakan lagi, misalnya kalau komponen-komponen ini tidak dibutuhkan lagi dalam mesin tua.

r. Konstruksi ***kokoh***

Pada umumnya komponen pneumatik ini dikonstruksikan secara kompak dan kokoh, dan oleh karena itu hampir tidak peka terhadap gangguan dan tahan terhadap perlakuan-perlakuan kasar.

s. Fluida ***kerja murah***

Pengangkut energi (udara) adalah gratis dan dapat diperoleh senantiasa dan di mana saja. Yang harus dipilih adalah suatu kompresor yang tepat untuk keperluan tertentu; jika seandainya kompresor yang dipilih tidak memenuhi syarat, maka segala keuntungan pneumatik tidak ada lagi.

1.3 Kerugian / terbatasnya Pneumatik

a. ***Ketermampatan*** (udara).

Udara dapat dimampatkan. Oleh sebab itu adalah tidak mungkin untuk mewujudkan kecepatan-kecepatan piston dan pengisian yang perlahan-lahan dan tetap, tergantung dari bebannya.

Pemecahan :

- Kesulitan ini seringkali diberikan dengan mengikutsertakan elemen hidraulik dalam hubungan bersangkutan, terutama pada pengerjaan-pengerjaan cermat (bor, bubut atau frais) hal ini merupakan suatu alat bantu yang seringkali digunakan.

b. ***Gangguan Suara*** (Bising)

Udara yang ditiup ke luar menyebabkan kebisingan (desisan) mengalir ke luar, terutama dalam ruang-ruang kerja sangat mengganggu.

Pemecahan :

- Dengan memberi peredam suara (silincer)

c. ***Kegerbakan*** (*volatile*)

Udara bertekanan sangat gerbak (*volatile*). Terutama dalam jaringan-jaringan udara bertekanan yang besar dan luas dapat terjadi kebocoran-kebocoran yang banyak, sehingga udara bertekanan mengalir keluar. Oleh karena itu pemakaian udara bertekanan dapat meningkat secara luar biasa dan karenanya harga pokok energi “berguna” sangat tinggi.

Pemecahan :

- Dapat dilakukan dengan menggunakan perapat-perapat berkualitas tinggi.

d. ***Kelembaban*** udara

Kelembaban udara dalam udara bertekanan pada waktu suhu menurun dan tekanan meningkat dipisahkan sebagai tetesan air (air embun).

Pemecahan :

- Penggunaan filter-filter untuk pemisahan air embun (dan juga untuk penyaring kotoran-kotoran).

e. Bahaya ***pembekuan***

Pada waktu pemuaian tiba-tiba (dibelakang pemakai udara bertekanan) dan penurunan suhu yang bertalian dengan pemuaian tiba-tiba ini, dapat terjadi pembentukan es.

Pemecahan :

- Batasi pemuaian udara bertekanan dalam perkakas-perkakas pneumatik.
- Biarkan udara memuai sepenuhnya pada saat diadakan peniupan ke luar.

f. ***Kehilangan energi*** dalam bentuk kalor.

Energi kompresi adiabatik dibuang dalam bentuk kalor dalam pendingin antara dan akhir. Kalor ini hilang sama sekali dan kerugian ini hampir tidak dapat dikurangi.

g. ***Pelumasan*** udara bertekanan

Oleh karena tidak adanya sistem pelumasan untuk bagian-bagian yang bergerak, maka bahan pelumas ini dimasukkan bersamaan dengan udara yang mengalir, untuk itu bahan pelumas harus dikabutkan dalam udara bertekanan.

h. Gaya tekan ***terbatas***

1). Dengan udara bertekanan hanya dapat dibangkitkan gaya yang terbatas saja. Untuk gaya yang besar, pada tekanan jaringan normal dibutuhkan diameter piston yang besar.

2). Penyerapan energi pada tekanan-tekanan kejutan hidraulik dapat memberi jalan keluar.

i. ***Ketidakteraturan***

Suatu gerakan teratur hampir tidak dapat diwujudkan :

1). Pada pembebanan berganti-ganti

2). Pada kecepatan-kecepatan kecil (kurang dari 0,25 cm/det) dapat timbul „stick-slip effect‟.

j. ***Tidak ada sinkronisasi***

Menjalankan dua silinder atau lebih paralel sangat sulit dilakukan.

k. ***Biaya energi tinggi***

Biaya produksi udara bertekanan adalah tinggi. Oleh karena itu untuk produksi dan distribusi dibutuhkan peralatan-peralatan khusus. Setidak-tidaknya biaya ini lebih tinggi dibandingkan dengan penggerak elektrik.

Perbandingan biaya (tergantung dari cara penggerak) :

- Elektrik : Pneumatik = 1 : 10 (sampai 12)
- Elektrik : Hidraulik = 1 : 8 (sampai 10)
- Elektrik : Tangan = 1 : 400 (sampai 500)

1.4 Pemecahan Kerugian Pneumatik

Pada umumnya, hal-hal yang merugikan dapat dikurangi atau dikompensasi dengan :

a. Peragaman yang cocok dari komponen-komponen maupun alat pneumatik.

b. Pemilihan sebaik mungkin sistem pneumatik yang dibutuhkan.

c. Kombinasi yang sesuai dengan tujuannya dari berbagai sistem penggerakan dan pengendalian (elektrik, pneumatik dan hidraulik).

Tugas

Keuntungan dan Kerugian Pneumatik

1. Mengapa pada industri pangan, perkayuan, tekstil dan pengepakan banyak menggunakan peralatan dan mesin dengan tenaga udara bertekanan ?
2. Sebutkan beberapa kerugian dengan menggunakan media pneumatik! (minimal 5)
3. Udara yang ditiup keluar menimbulkan kebisingan (desisan), terlebih dalam ruangan kerja, sangat mengganggu. Bagaimana mengatasinya?
4. Secara umum bagaimana kerugian-kerugian dalam pemakaian pneumatik dapat di atasi?

Lembar Jawaban

Keuntungan dan Kerugian Pneumatik

1. Mengapa pada industri pangan, perkayuan, tekstil dan pengepakan banyak menggunakan peralatan dan mesin dengan tenaga udara bertekanan ?

   Jawab:

   Mengingat bahwa media udara bertekanan mempunyai banyak keuntungan, antara lainl:

   1. Mudah diperoleh dan mudah diangkut
   2. Dapat disimpan dengan baik
   3. Bersih dan kering
   4. Tidak peka terhadap suhu
   5. Aman terhadap kebakaran dan ledakan
   6. Tidak perlu pendinginan
   7. Rasional
   8. Mudah dipelihara
   9. Sifat dapat bergerak
   10. Aman
   11. Dapat dibebani lebih
   12. Jaminan kerja besar
   13. Biaya pemasangan murah
   14. Pengawasan
   15. Fluida kerja cepat
   16. Dapat diatur tanpa bertingkat
   17. Ringan
   18. Kemungkinan penggunaaan lagi
   19. Konstruksi kokoh
   20. Fluida kerja murah

2. Sebutkan beberapa kerugian dengan menggunakan media pneumatik! (minimal 5)

   Jawab:

   Yang termasuk kerugian menggunakan media pneumatik, antara lain:

   1. Ketermampatan
   2. Gangguan suara
   3. Kegerbakan
   4. Kelembaban udara
   5. Bahaya pembekuan
   6. Kehilangan energi
   7. Pelumasan udara
   8. Gaya tekan terbatas
   9. Ketidakteraturan
   10. Tidak ada sinkronisasi
   11. Biaya energi tinggi

3. Udara yang ditiup keluar menimbulkan kebisingan (desisan), terlebih dalam ruangan kerja, sangat mengganggu. Bagaimana mengatasinya?

   Jawab:

   Dengan memberi peredam suara (silincer).

4. Secara umum bagaimana kerugian-kerugian dalam pemakaian pneumatik dapat di atasi?

<u>Jawab:</u>

Pada umumnya , hal-hal yang merugikan dapat dikurangi atau dikompensasi dengan :

a. Peragaman yang cocok dari komponen-komponen maupun alat pneumatik.

b. Pemilihan sebaik mungkin sistem pneumatik yang dibutuhkan.

Kombinasi yang sesuai dengan tujuannya dari berbagai sistem penggerakan dan pengendalian (elektrik, pneumatik dan hidraulik).

2. Kegiatan Belajar 2Produksi Udara Bertekanan

a. Tujuan Pembelajaran

Peserta harus dapat:

1. Menyebutkan langkah-langkah mendapatkan udara yang berkualitas.
2. Menyebutkan komponen-komponen mendapatkan udara yang berkualitas.
3. Menyebutkan kriteria pemilihan kompresor
4. Menyebutkan macam-macam kompresor berdasarkan cara pemampat-annya dengan benar.
5. Menjelaskan prinsip kerja kompresor dengan benar.
6. Menyebutkan kompresor bebas minyak dengan benar

b. Uraian Materi

2.1. Udara Bertekanan

2.1.1 Sifat-sifat Fisika dari Udara

Permukaan bumi ini ditutupi oleh mantel udara. Udara adalah campuran gas yang terdiri atas senyawa:

- sekitar 78% dari volume adalah nitrogen
- sekitar 21% dari volume adalah oksigen.

Sisanya adalah campuran karbon dioksida, argon, hidrogen, neon, helium, krypton dan xenon.

Untuk memahami prinsip dan kelakuan udara lebih baik, berikut disertakan besaran fisikanya. Data-data ini berdasarkan “Sistem Satuan Internasional”, disingkat SI.

Satuan Dasar

Besaran	***Simbol***	***Satuan***
Panjang	l	meter (m)
Massa	m	kilogram (kg)
Waktu	t	detik (s)
Temperatur	T	Kelvin (K) 0□C = 273□K

Satuan Turunan

Besaran	*Simbol*	*Satuan*
Gaya	F	Newton (N), 1N = 1 kg.m/s^2
Luas	A	Meter persegi (m^2)
Volume	V	Meter kubik (m^3)
Volume Aliran	Q	(m^3/s)
Tekanan	p	Pascal (Pa), 1 Pa = 1 N/m^2 , 1 bar = 10^5 Pa

Hukum Newton:

Gaya = Massa x percepatan

$$F = m \cdot a$$

di mana a = percepatan gravitasi =9,81 m/s^2

Tekanan:

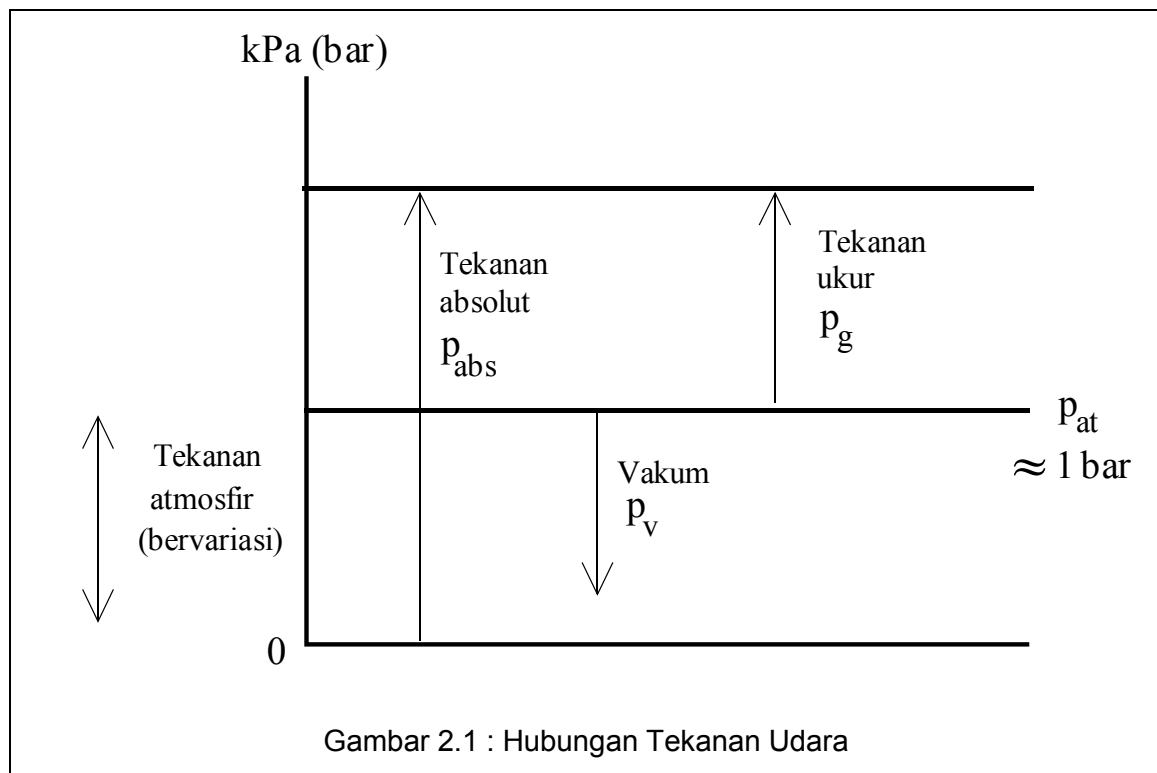
1 Pascal sama dengan tekanan vertikal sebesar 1N pada bidang 1m^2 dan 100 kPa sama dengan 14.5 psi.

Karena segala sesuatu di bumi ini menerima tekanan yaitu tekanan absolut atmosfir (p_{at}), maka tekanan ini tidak bisa dirasakan. Pada umumnya tekanan atmosfir dianggap sebagai tekanan dasar, sedangkan yang bervariasi (akibat penyimpangan nilai) adalah:

Tekanan ukur (tekanan relatif) = p_g

Tekanan vakum = p_v

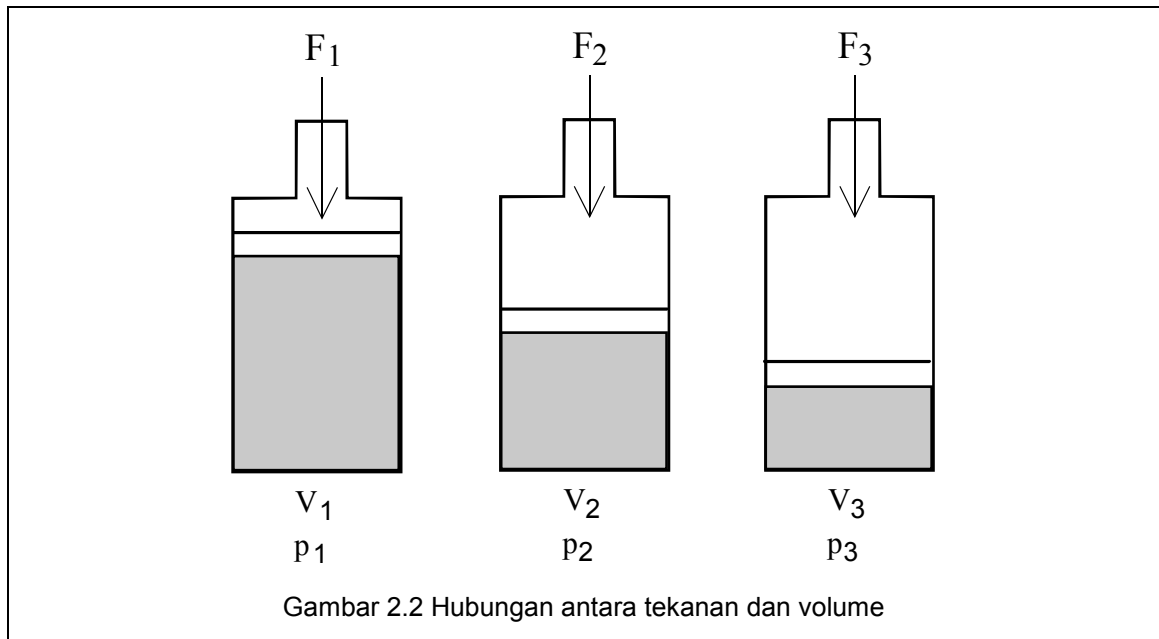
Hal ini digambarkan pada diagram di bawah:

Gambar 2.1 : Hubungan Tekanan Udara

Tekanan atmosfir tidak mempunyai nilai yang konstan. Variasi nilainya tergantung pada letak geografis dan iklimnya. Daerah dari garis nol tekanan absolut sampai garis tekanan atmosfir disebut daerah vakum dan di atas garis tekanan atmosfir adalah daerah tekanan.

Tekanan absolut terdiri atas tekanan atmosfir p_{at} dan tekanan ukur p_g. Tekanan absolut biasanya 1 bar (100 kPa) lebih besar dari tekanan relatif p_g.

2.1.2 Karakteristik Udara

Sebagaimana umumnya gas, udara juga tidak mempunyai bentuk yang khusus. Bentuknya mudah berubah karena tahanannya kecil. Udara akan berubah bentuk sesuai dengan tempatnya. Udara dapat dimampatkan dan selalu berusaha untuk mengembang.

Gambar 2.2 Hubungan antara tekanan dan volume

Hukum Boyle-Mariotte menjelaskan sifat: Volume dari massa gas yang tertutup pada temperatur konstan adalah berbanding terbalik dengan tekanan absolut atau hasil kali dari volume dan tekanan absolut adalah konstan untuk massa gas tersebut.

p1 . V1 = p2 . V2 = p3 . V3 = konstan

Contoh Perhitungan:

Udara dimampatkan pada tekanan atmosfir menjadi 1/7 dari volumenya. Berapakah tekanan yang muncul apabila temperatur tetap konstan.

p1 . V1 = p2 . V2

p2 = (V1/ V2) . p1 catatan: V2/ V1 = 1/7

p1= p_{at} = 1 bar = 100 kPa

p2 = 1 . 7 = 7 bar = 700 kPa absolut

Hasilnya = p_g = p ukur = p_{abs} - p_{at} = 7 - 1 = 6 bar = 600 kPa

Sebuah kompressor yang menghasilkan tekanan di atas atmosfir 6 bar (600 kPa), mempunyai sifat pemampatan 1:7, ini dianggap jika tekanan atmosfir p_{at} 1 bar (100 kPa).

2.1.3 Persiapan Udara Bersih

Udara bertekanan untuk penggunaan pneumatik harus dapat memadai dan memiliki kualitas yang baik.Udara dimampatkan kira-kira menjadi 1/7 dari volume udara bebas oleh kompressor dan disalurkan melalui suatu sistem pendistribusian udara. Untuk menjaga kualitas udara yang diterima, peralatan unit pemelihara udara (service unit) harus digunakan untuk mempersiapkan udara sebelum digunakan ke dalam sistem kontrol pneumatik.

Kerusakan dalam sistem pneumatik bisa dikurangi jika udara bertekanan dipersiapkan dengan benar. Untuk hal tersebut aspek di bawah ini harus diperhatikan guna untuk mendapatkan udara yang berkualitas.

- Kuantitias udara yang diinginkan harus memenuhi kebutuhan sistem
- Jenis kompresor yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan sistem
- Tangki penyimpan udara yang memadai
- Persyaratan udara yang bersih
- Tingkat kelembaban udara yang dapat mengurangi korosi dan lembab
- Persyaratan pelumasan jika diperlukan
- Temperatur udara dan pengaruh lain yang rendah pada sistem
- Persyaratan tekanan kerja
- Ukuran katup dan saluran harus memenuhi kebutuhan sistem
- Pemilihan bahan dan kebutuhan sistem harus sesuai dengan lingkungan
- Tersedianya titik-titik drainase dan saluran buangan pada sistem distribusi.
- Tata letak sistem pendistribusian udara yang sesuai.

Disain dari komponen pneumatik direncanakan untuk maksimum operasi pada tekanan 8 s.d. 10 bar (800 s.d. 1000 kPa), tetapi dalam praktik dianjurkan beroperasi pada tekanan 5 s.d. 6 bar (500 s.d. 600 kPa) untuk penggunaan yang ekonomis. Memperhatikan adanya kerugian tekanan pada sistem distribusi, maka kompresor harus menyalurkan udara bertekanan 6,5 s.d. 7 bar, sehingga pada sistem kontrol, tekanan tetap tercapai sebesar 5 s.d. 6 bar.

2.1.4 Sistem Pengadaan Udara Bertekanan

Agar dapat menjamin keandalan pengendalian pneumatik, harus disediakan udara yang kualitasnya memadai. Termasuk di dalamnya adalah faktor-faktor sebagai berikut: udara yang bersih, kering, dan tekanan yang tepat.

Jika ketentuan-ketentuan ini diabaikan, maka akibatnya adalah keandalan mesin tidak terjamin, dan dengan demikian akan menaikkan biaya perbaikan dan penggantian komponen.

Udara bertekanan diperoleh dari kompresor, kemudian dialirkan melalui beberapa elemen sampai mencapai pemakai. Tidak menggunakan persiapan udara yang berkualitas baik dan pemilihan komponen yang salah akan mengurangi kualitas. Elemen-elemen berikut harus dipergunakan dalam penyiapan udara bertekanan:

- Kompresor udara
- Tangki udara
- Penyaring udara dengan pemisah air
- Pengering udara
- Pengatur-tekanan
- Pelumas

- Tempat pembuangan untuk kondensasi

Jenis dan penempatan kompresor turut mempengaruhi kadar partikel-partikel debu, minyak, dan air masuk ke dalam sistem. Persiapan udara yang kurang baik akan mengakibatkan sering menimbulkan gangguan dan menurunkan daya tahan sistem pneumatik. Berikut adalah gejala-gejala yang tampak:

- Keausan yang cepat pada seal dan elemen yang bergerak dalam katup dan silinder.
- Katup beroli
- Peredam suara yang kotor.

Persiapan dilakukan oleh penyaring isap pada pengambilan udara masuk kompresor, disambung seri dengan pengering, penyaring dan pemisah minyak dan air kondensasi. Mereka harus dipilih sesuai dengan tugasnya.

2.1.4.1 Tingkatan Tekanan

Umumnya, elemen-elemen pneumatik seperti silinder dan katup disiapkan untuk menerima tekanan kerja maksimal 8 - 10 bar. Memang untuk pengoperasian yang ekonomis, tekanan 6 bar sudah cukup. Tetapi karena adanya tahanan arus pada masing-masing komponen (misalnya pencekik) dan dalam pipa-pipa saluran, sambungan, panjang pipa, kebocoran, maka harus diperhitungkan pula nilai susut-tekanan antara 0,1 sampai 0,5 bar. Oleh sebab itu, kompresor harus menyediakan tekanan 6,5 sampai 7 bar supaya tekanan-kerja sebesar 6 bar, tetap terjamin.

Jika tiba-tiba ada bahaya dan perubahan tekanan konsumsi, tangki udara bisa dipasang untuk menstabilkan tekanan pada jaringan kerja udara bertekanan. Pada operasi normal tangki udara ini diisi oleh kompresor, dengan alasan untuk cadangan yang dapat digunakan setiap saat. Hal ini juga membuat kemungkinan untuk mengurangi frekuensi hidup-matinya kompresor.

2.1.4.2 Faktor Pemakaian

Karakteristik jumlah konsumsi udara bisa dibatasi untuk kompresor dengan ukuiran besar, sesuai dengan bebannya, seperti beban normal, menengah, dan puncak. Praktisnya telah ditunjukkan bahwa dengan variasi konsumsi udara, beberapa jenis kompresor dapat dipakai untuk penggunaan yang lebih efektif daripada satu kompresor dengan ukuran besar. Tujuh puluh lima persen (75%) dari jumlah sesungguhnya bisa diambil sebagai faktor pemakaian untuk pengoperasian bahan menengah. Agar supaya membuat seleksi yang benar, hal ini vital untuk mempunyai daftar semua bagian pemakai yang tersambung ke jaringan kerja udara bertekanan bersamaan dengan konsumsi udara rata-rata dan maksimumnya, siklus kerja, dan frekuensi operasinya.

2.1.4.3 Mengeringkan Udara Bertekanan

Udara yang dihisap kompresor selalu mengandung uap air. Kadar air ini harus ditekan serendah mungkin. Suhu dan tekanan udara menentukan kadar kelembaban udara. Makin tinggi suhu udara, makin banyak kadar uap air yang dapat diserap. Apabila titik jenuh dari kelembaban udara mencapai 100%, meneteslah air.

2.2 KOMPRESOR

Sistem kontrol pneumatik beroperasi menggunakan media udara bertekanan dengan volume dan tekanan udara yang sesuai sistem tersebut. Suplai udara bertekanan didapatkan dari kompresor. Kompresor adalah mesin untuk memampatkan udara atau gas. Kompresor udara biasanya mengisap udara dari atmosfir . Namun ada pula yang mengisap udara atau gas yang bertekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfir. Dalam hal ini kompresor bekerja sebagai penguat. Sebaliknya ada kompresor yang mengisap gas yang bertekanan lebih rendah dari tekanan atmosfir. Dalam hal ini kompresor disebut pompa vakum.

Karakteristik kompresor yang terpenting adalah

- volume gas yang dikeluarkan dengan satuan m3/min atau l / min
- Tekanan kerja dengan satuan bar.

Kriteria yang lain adalah :

- Desain
- Tenaga : tipe penggerak
- Kapasitas penyimpanan
- Pendinginan
- Kondisi dan lingkungan instalasi.
- Perawatan
- Biaya

Tergantung jenis kompresor, kapasitas/volume yang dihasilkan bervariasi dari beberapa liter permenit sampai kira-kira 50.000 m3/min. Sedangkan tekanan yang dihasilkan berkisar antara beberapa milimeter udara sampai lebih 1000 bar.

Dengan tekanan udara yang dibutuhkan di dalam sistem pneumatik, hanya beberapa jenis kompresor yang cocok untuk aplikasi tersebut. Kontrol pneumatik secara normal bekerja pada tekanan sekitar 6 bar, sedangkan batas operasinya minimum 3 bar sampai maksimum 15 bar. Di luar aturan ini akan ditemukan di dalam aplikasi khusus.

2.2.1 Jenis-Jenis Kompresor

Kompresor terdapat dalam berbagai jenis dan model tergantung pada volume dan tekanannya. Klasifikasi kompresor tergantung tekanannya adalah :

- kompresor (pemampat) dipakai untuk tekanan tinggi,
- blower (peniup) dipakai untuk tekanan agak rendah,
- fan (kipas) dipakai untuk tekanan sangat rendah.

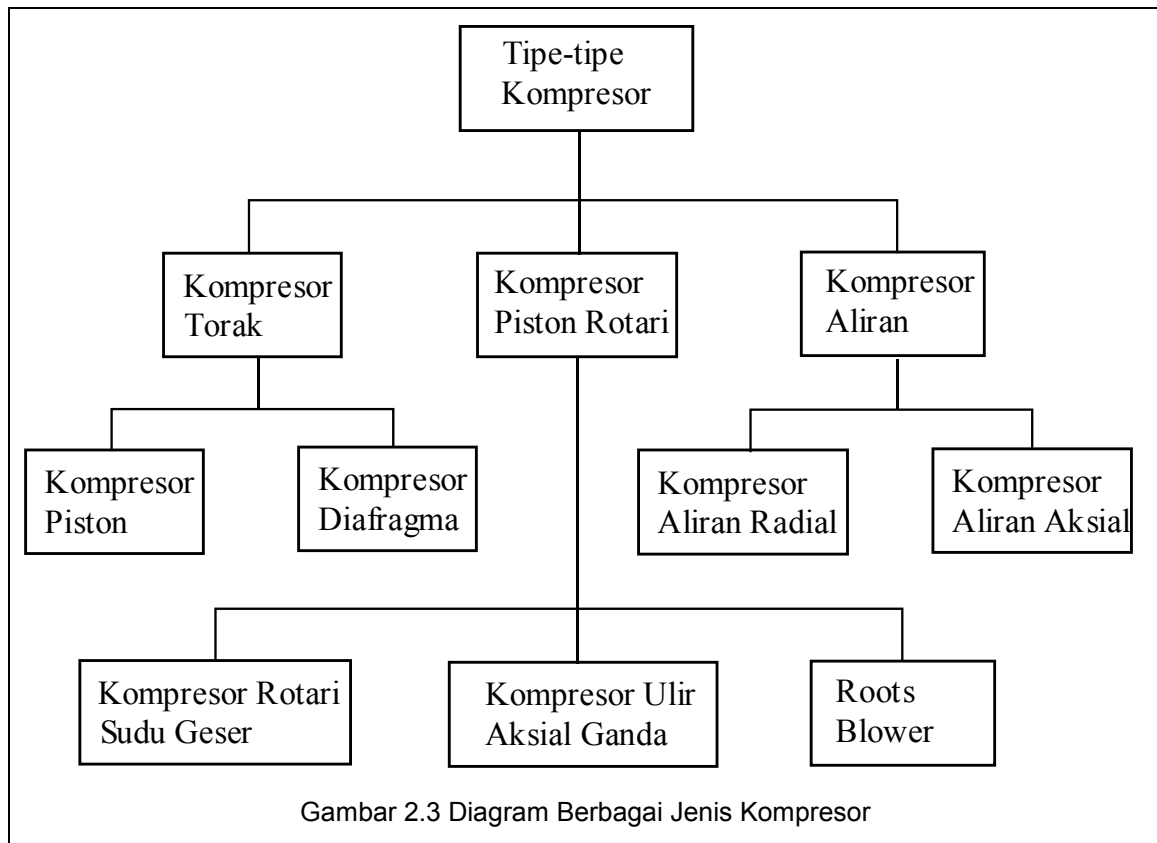
Atas dasar cara pemampatannya, kompresor dibagi atas jenis :

- Jenis turbo (aliran)

  Jenis ini menaikkan tekanan dan kecepatan gas dengan gaya sentrifugal yang ditimbulkan oleh kipas (impeler) atau dengan gaya angkat yang ditimbulkan oleh sudu-sudu.

- Jenis perpindahan (displacement)

  Jenis ini menaikkan tekanan dengan memperkecil atau memampatkan volume gas yang diisap ke dalam silinder atau stator oleh sudu. Jenis perpindahan terdiri dari jenis putar (piston putar) dan jenis bolak balik (torak).

Gambar 2.3 Diagram Berbagai Jenis Kompresor

2.2.1.1 Kompresor Torak

Jenis kompresor torak terdiri dari :

- Kompresor piston
- Kompresor membran (diaphragm)

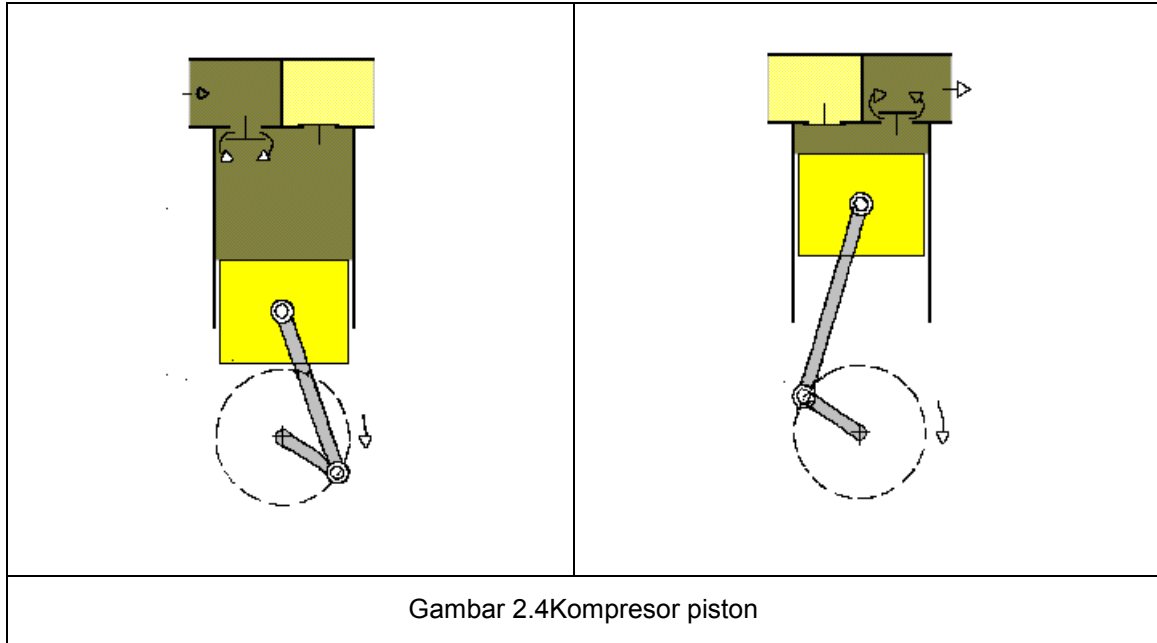
2.2.1.1.1 Kompresor Piston

Kompresor piston paling banyak digunakan. Kompresor ini dapat dijumpai dalam berbagai ukuran dari kapasitas terkecil sampai kapasitas lebih dari 500 m3/min. Konstruksi kompresor piston terdiri dari :

- Poros engkol (Crane Shaft)
- Batang piston
- Piston
- Silinder

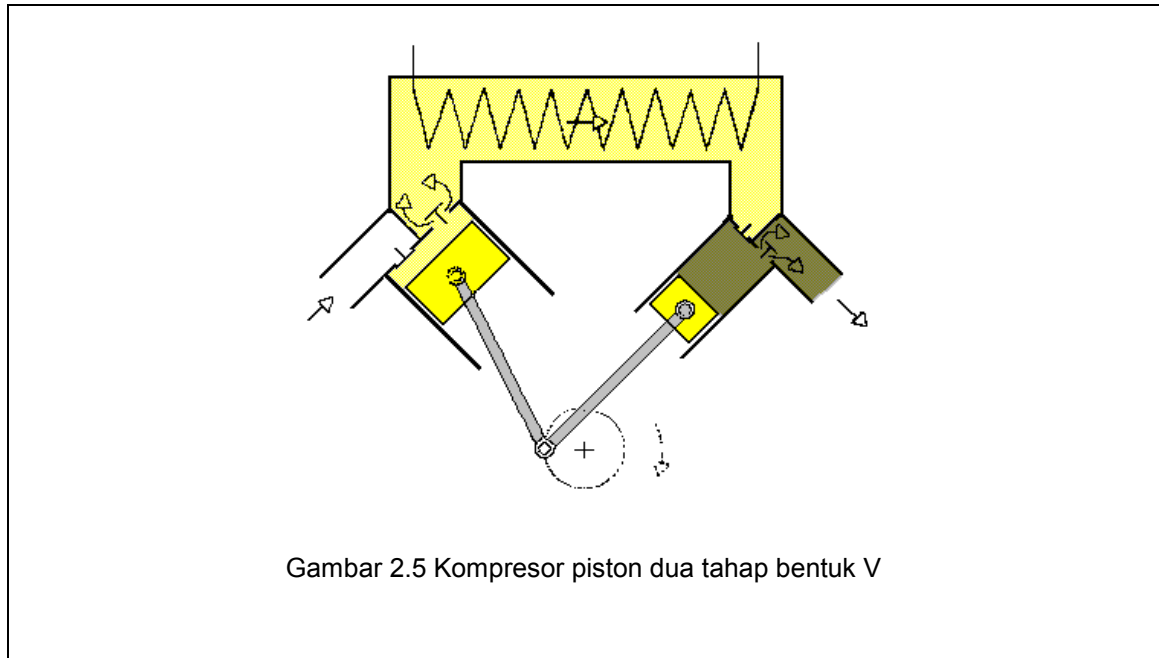
- Katup masuk (isap)
- Katup keluar (pembuangan)

Cara kerja kompresor piston :

Gambar 2.4Kompresor piston

Pneumatics Compressed Air Production, Festo Didactic

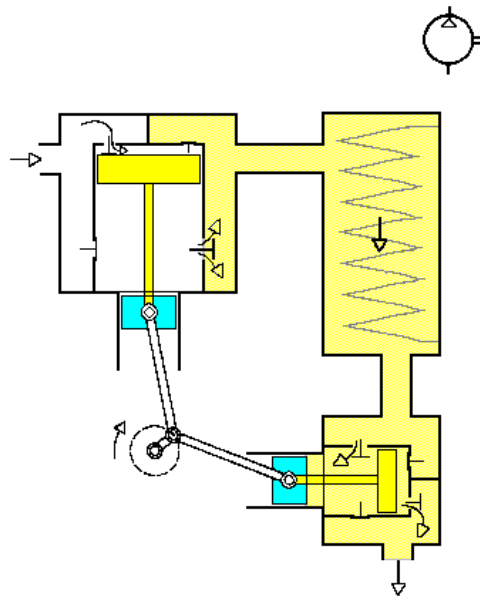
Poros engkol bekerja searah jarum jam. Poros engkol dan piston dihubungkan oleh batang piston. Pada saat piston bergerak turun dan mengisap udara atmosfir. Katup membuka secara otomatis karena perbedaan tekanan. Setelah piston mencapai posisi terendah , piston bergerak ke atas. Lubang isap menutup dan lubang keluar membuka sehingga udara dalam silinder tertekan keluar.

Kompresor piston jenis lainnya adalah ***kompresor dua tahap bentuk*** **V .** Molekul udara bergerak menyebabkan temperatur naik selama kompresi. Dengan multi tahap pendinginan kompresi dapat dikontrol lebih mudah. Kompresor dua tahap diperlihatkan seperti gambar di bawah :

Gambar 2.5 Kompresor piston dua tahap bentuk V

Pneumatics Compressed Air Production, Festo Didactic

Dua piston diputar oleh satu poros engkol. Udara ditekan bertingkat melalui silinder sebelah kiri lewat pendingin dan akhirnya masuk di dalam silinder sebelah kanan.

Kompresor piston dua tahap jenis lain adalah ***kompresor piston dua tahap kerja ganda***. Kompresor ini akan menekan udara selama piston bergerak naik dan turun. Lubang pembuangan sisi batang piston dan lubang isap sisi batang piston telah membuka saat penekanan dan pengambilan secara terus menerus. Prinsip ini juga berlaku pada langkah kedua . Silinder langkah kedua lebih kecil daripada silinder langkah pertama karena volume udara bertekanan lebih sedikit. Kompresor ini dilengkapi dengan penggerak piston silang. Keuntungan kompresor tipe ini adalah bantalannya berumur lebih lama.

Kompresor piston dua tahap kerja ganda

Gambar 2.6 Kompresor piston dua tahap kerja ganda

Pneumatics Compressed Air Production, Festo Didactic

Kompresor piston banyak dipakai karena cocok untuk bidang tekanan yang luas.

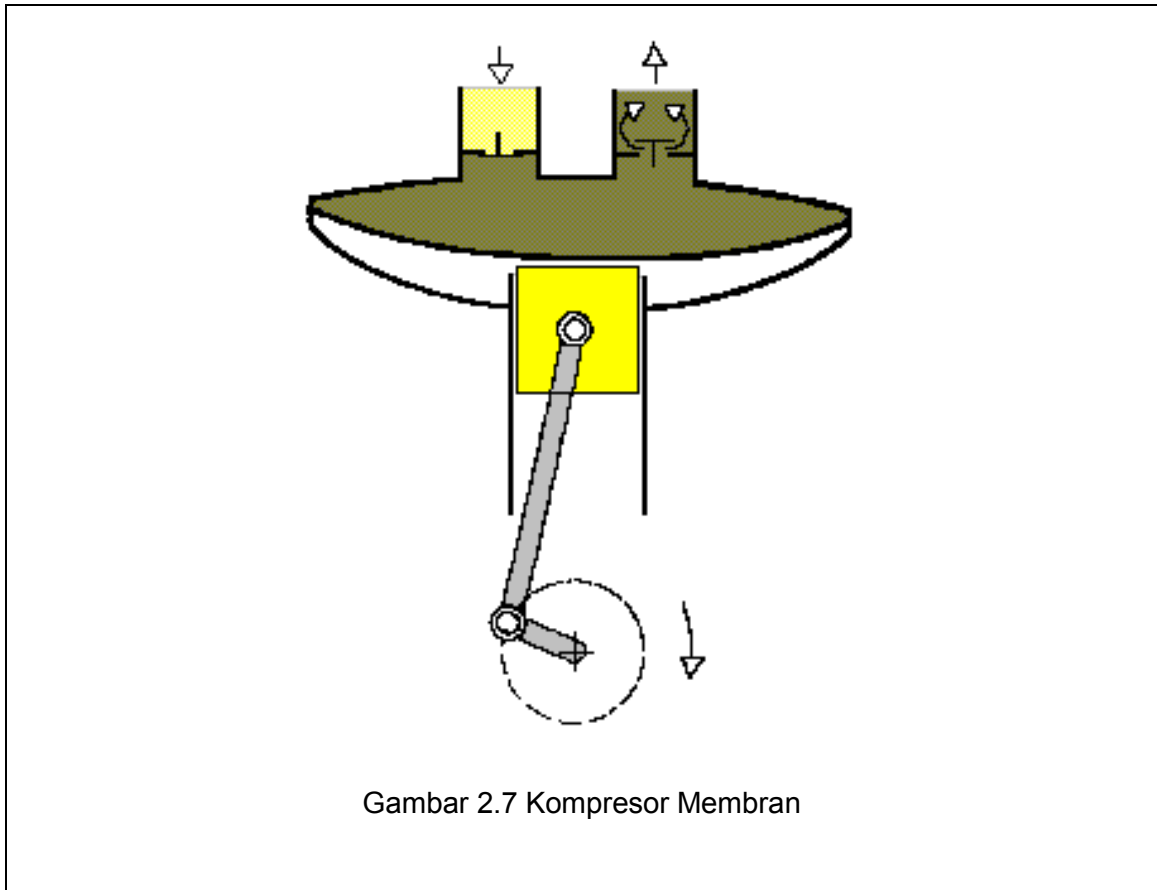
Daerah tekanan optimal untuk kompresor piston adalah:

- Satu tahap sampai 400 kPa (4 bar)
- Dua tahap sampai 1500 kPa (15 bar)
- Multi-tahap di atas 1500 kPa (15 bar)

Daerah tekanan yang mungkin dicapai, tidak selamanya ekonomis dalam pemakaiannya adalah:

- Satu tahap sampai 1200 kPa (12 bar)
- Dua tahap sampai 3000 kPa (30 bar)
- Multi-tahap di atas 22000 kPa (220 bar)

2.2.1.1.2 Kompresor Membran (Diaphragm)

Prinsip kerja kompresor ini sama dengan kompresor piston, tetapi sealnya dilakukan oleh membran. Membran biasanya digunakan untuk piston langkah pendek. Keuntungan dari tipe ini adalah bebas pencemaran minyak.

Gambar 2.7 Kompresor Membran

Pneumatics Compressed Air Production, Festo Didactic

Kompresor membran digunakan pada pemakai yang udara suplainya bebas dari oli, misalnya di dalam industri makanan, farmasi, dan kimia. Disini, tidak diperlukan pelumasan pada udara bertekanannya.

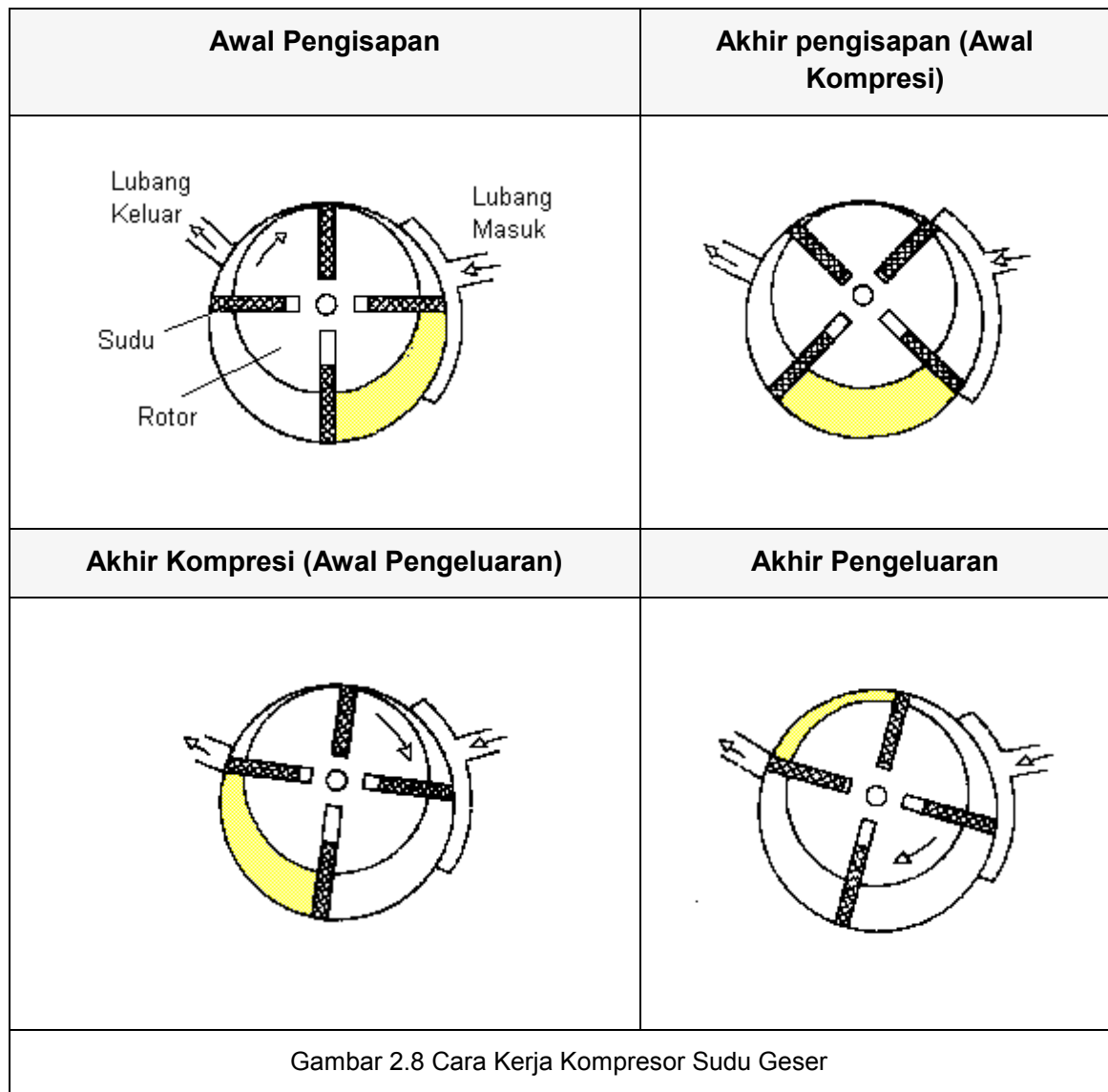
2.2.1.2 Kompresor Piston Putar

Pada kompresor ini, udara dimampatkan dengan piston yang berputar dan tekanan udaranya bertambah. Operasinya halus tetapi tekanannya tidak sebesar kompresor piston dengan multi-tahap. Ada 3 jenis kompresor putar :

1) Kompresor sudu geser
2) Kompresor sekrup
3) Kompresor jenis Roots Blower

2.2.1.2.1 Kompresor Sudu Geser

Kompresor ini mempunyai rotor yang dipasang secara eksentrik didalam rumah yang berbentuk silinder. Pada rotor terdapat beberapa parit dalam arah aksial di mana sudu-sudu dipasang. Gambar kerjanya seperti gambar di bawah.

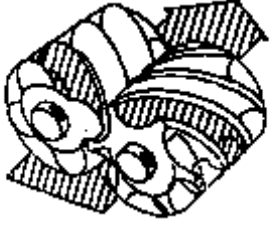
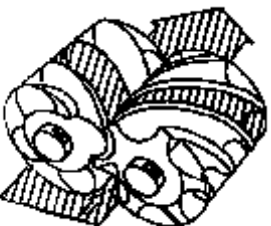
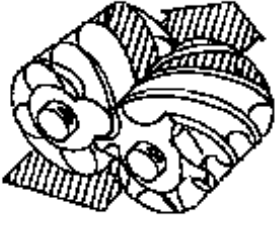
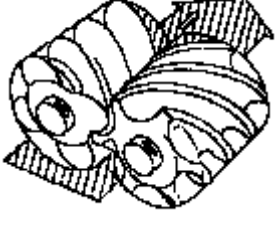
Gambar 2.8 Cara Kerja Kompresor Sudu Geser

Pompa dan Kompresor

Dalam gambar ditunjukkan sebuah kompresor dengan empat buah sudu . Ruangan antara rotor dan rumah dibagi-bagi oleh sudu. Jika rotor berputar, volume ruangan yang dibatasi oleh dua sudu --- mula-mula membesar sehingga udara akan terisap melalui lubang isap kemudian mengecil lagi dan udara akan dikompresikan serta dikeluarkan melalui lubang keluar. Penempatan lubang keluar akan menentukan besarnya tekanan yang dicapai.

Volume udara pada sisi isap besar , sedangkan tekanannya kecil. Untuk memperbesar tekanan digunakan kompresi multi tahap.

Sudu-sudu yang dipasang pada parit-parit rotor akan meluncur keluar parit selama rotor berputar. Ujung sudu-sudu ini meluncur pada permukaan dalam silinder. Minyak pelumas dipergunakan untuk pendinginan, pelumasan dan pencegahan kebocoran.Minyak dikeluarkan bersama-sama dengan udara. Udara yang tercampur minyak disalurkan ke pemisah minyak. Minyak yang sudah terpisah kemudian didinginkan di pendingin untuk disirkulasikan kembali .

Keuntungan dari kompresor sudu geser ini adalah putaran halus karena getarannya relatip sangat kecil dibandingkan dengan kompresor piston. Tekanan kerja kompresor ini adalah :

- Kira-kira 6,9 bar untuk satu tingkat
- Sekitar 9,8 bar untuk dua tingkat.

Kapasitasnya dapat mencapai 100 m3/min.

2.2.1.2.2 Kompresor Sekrup

Kompresor sekrup termasuk jenis kompresor perpindahan yang tergolong macam kompresor putar. Kompresor ini sekarang mengalami perkembangan yang sangat pesat. Untuk tekanan antara 0,69 - 0,83 MPa (6,9 - 8,3 bar) kompresor sekerup cenderung lebih banyak dipakai daripada kompresor torak.

Kompresor sekrup mempunyai sepasang rotor berbentuk sekrup. Yang satu mempunyai alur yang permukaannya cembung dan yang lainnya cekung. Pasangan rotor ini berputar dalam arah saling berlawanan seperti sepasang roda gigi. Rotor dikurung di dalam sebuah rumah . Apabila rotor berputar maka ruang yang terbentuk antara bagian cekung dari rotor dan dinding rumah akan bergerak ke arah aksial sehingga udara dimampatkan.

Gambar di bawah memperlihatkan cara kerja kompresor sekrup.

Gambar 2.9 Cara Kerja Kompresor Sekrup

Pompa dan Kompresor

<u>Gambar 2.9a :</u>

- Udara diisap sepenuhnya melalui lubang isap masuk ke dalam ruang alur . Isapan akan selesai setelah ruang alur tertutup seluruhnya oleh dinding rumah.

<u>Gambar 2.9b :</u>

- Pertengahan proses kompresi di mana volume udara di dalam ruang alur sudah ada di tengah.

<u>Gambar 2.9c :</u>

- Akhir kompresi di mana udara terkurung sudah mencapai lubang keluar di ujung kanan atas dari rumah.

<u>Gambar 2.9d :</u>

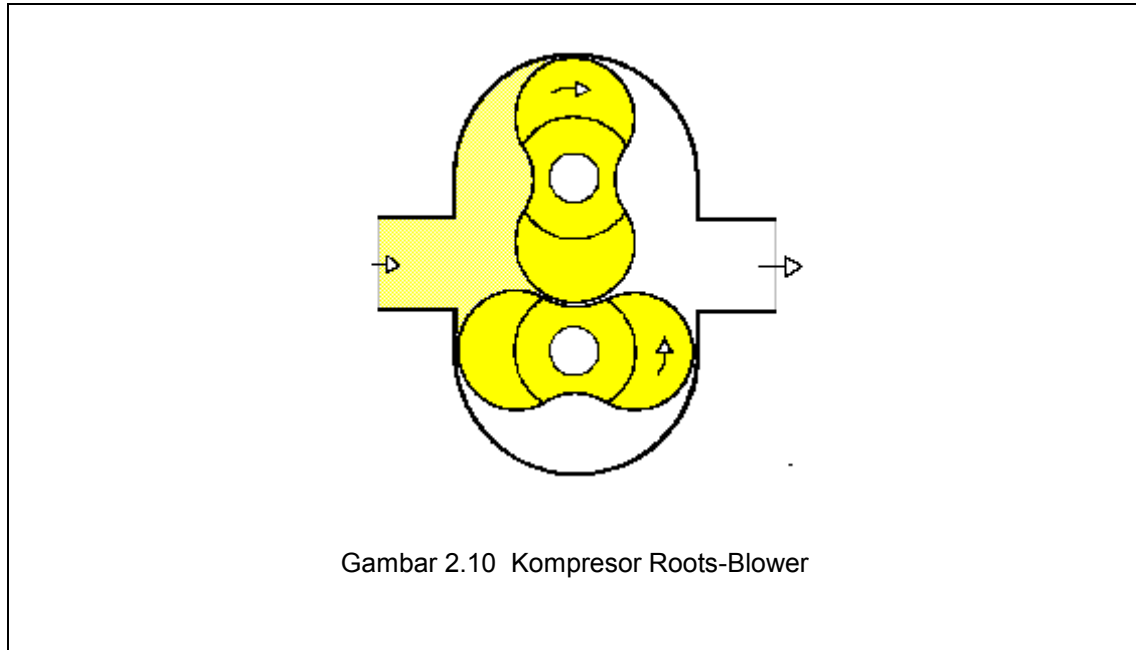
- Udara yang terkurung dalam alur tadi telah dikeluarkan sebagian sehingga tinggal sebagian yang akan diselesaikan.

Dari uraian di atas jelas bahwa proses pengisapan , kompresi dan pengeluaran dilakukan secara berurutan oleh sekerup. Dengan demikian fluktuasi aliran maupun momen puntir poros menjadi sangat kecil. Selain itu, rotor yang seimbang dan berputar murni tanpa ada bagian yang bergerak bolak-balik sangat mengurangi getaran. Karena itu kompresor sekrup sesuai beroperasi pada putaran tinggi. Dengan putaran tinggi, kompresor menjadi ringkas --ukuran lebih kecil dibandingkan kompresor torak untuk daya yang sama. Biasanya jumlah gigi atau alur adalah empat buah untuk rotor yang beralur cembung dan enam buah untuk yang beralur cekung. Namun akhir-akhir ini juga dipakai jumlah alur 5 : 6 untuk memperbaiki performansi.

Kompresor sekrup ada dua macam yaitu jenis injeksi minyak dan jenis bebas minyak (sekerup kering). Keduanya bekerja dengan prinsip yang sama.

2.2.1.2.3 Kompresor Roots - Blower

Blower jenis roots mempunyai dua buah rotor yang masing-masing mempunyai dua buah gigi dan bentuknya mirip kepompong. Kedua rotor bergerak serempak dengan arah saling berlawanan di dalam sebuah rumah. Sumbu gigi rotor yang satu selalu membentuk sudut 90 derajat terhadap sumbu gigi rotor yang lain. Gambar di bawah menunjukkan konstruksi blower-roots.

Gambar 2.10 Kompresor Roots-Blower

Pneumatics Compressed Air Production, Festo Didactic

Jika rotor diputar dalam arah panah, seperti ditunjukkan dalam gambar, maka gas yang terkurung antara rotor dan rumah akan dipindahkan dari sisi isap ke sisi keluar . Karena cara pemindahannya itu secara demikian maka blower ini termasuk jenis perpindahan.

Untuk menjaga agar sumbu-sumbu gigi dari kedua rotor tetap saling membentuk sudut 90 derajat maka kedua poros rotor ini harus saling dihubungkan dengan sepasang roda gigi kembar. Dengan demikian antara sesama gigi rotor dan dinding rumah bagian dalam terdapat kelonggaran yang dapat dijaga tetap besarnya sehingga tidak pernah terjadi sentuhan antara yang satu dengan yang lain. Hal ini memungkinkan blower bekerja tanpa pelumasan dalam, sehingga gas yang dihasilkan menjadi bebas minyak.

Tekanan yang dapat dipakai dari blower ini dalam praktik adalah

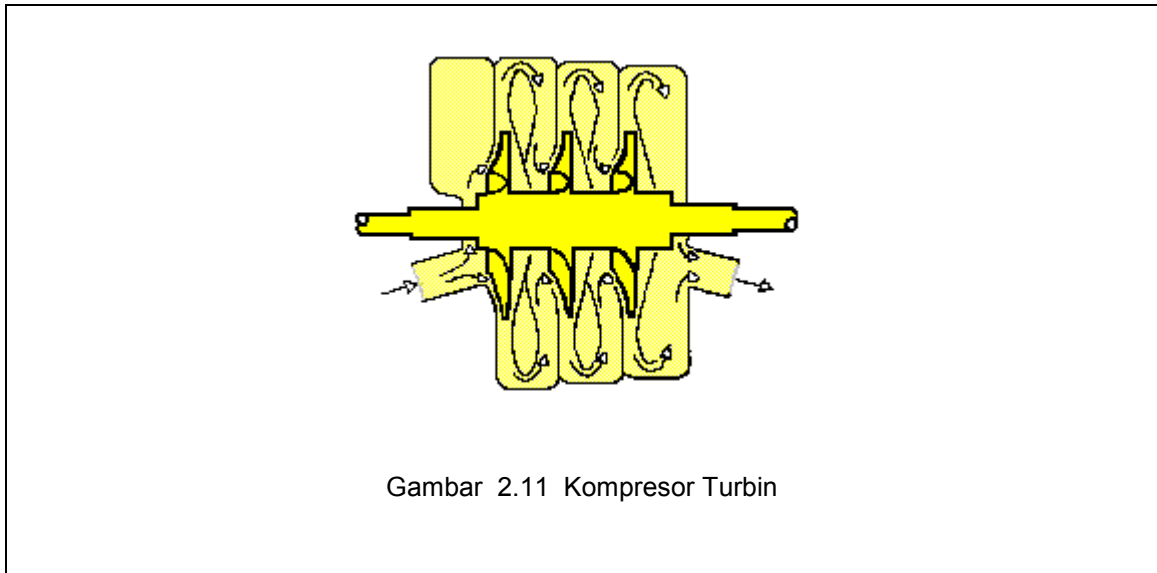
- Sekitar 0,079 mpa (0,79 bar) untuk satu tingkat kompresi ,
- Sekitar 0,2 MPa (2 bar) untuk 2 tingkat.

Kapasitas yang dapat dihasilkan adalah antara 2 - 200 m3/min.

2.2.1.3 Kompresor Aliran (Turbin)

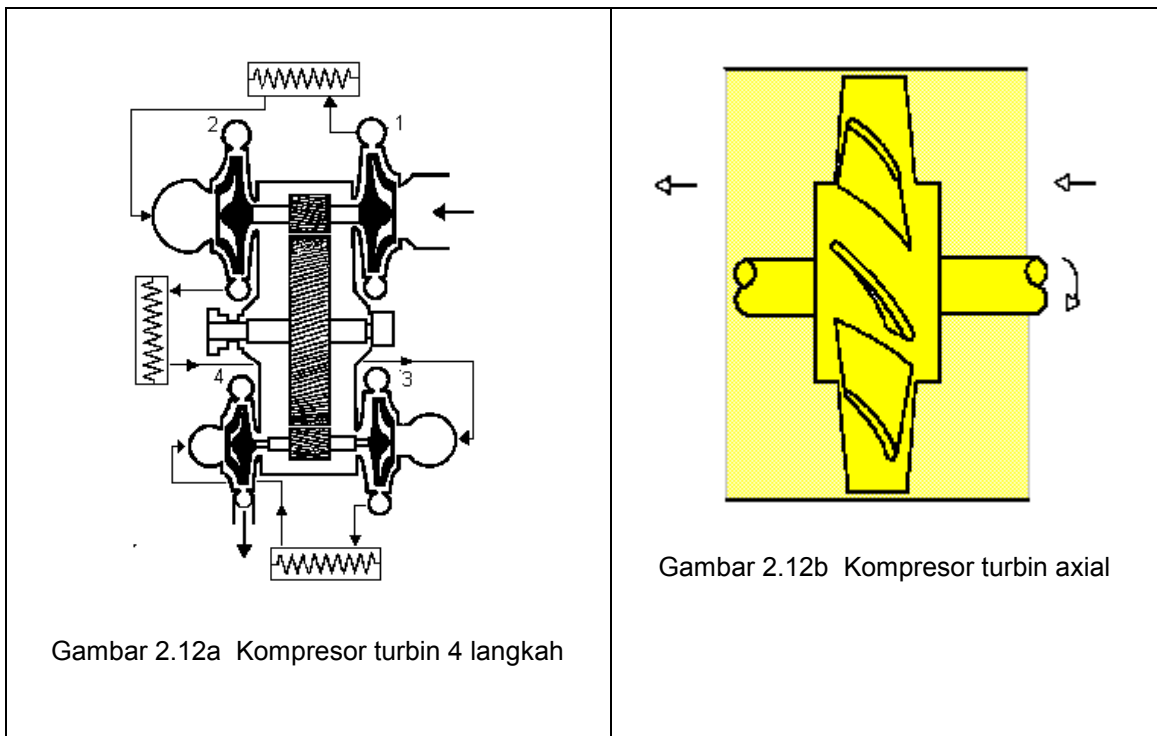
Kompresor aliran menghasilkan volume udara yang banyak dengan penambahan tekanan rendah. Udara dipercepat oleh daun baling-baling kompresor, tetapi penambahan tekanan rendah kira-kira 1,2 kali tekanan masuk per langkah.

Kompresor aliran digunakan untuk pemakaian yang membutuhkan kapasitas besar dengan tekanan rendah. Tidak ekonomis digunakan pemakaian dengan kapasitas lebih rendah dari 600 m3/min.

Gambar 2.11 Kompresor Turbin

Pneumatics Compressed Air Production, Festo Didactic

Jenis kompresor aliran yang lain adalah kompresor dengan 4 langkah (kompresor radial) dan kompresor turbin axial.

Gambar 2.12a Kompresor turbin 4 langkah

Gambar 2.12b Kompresor turbin axial

Pneumatics Compressed Air Production, Festo Didactic

2.2.2 Instalasi Kompresor

Unit kompresor portabel hanya dibutuhkan jika digunakan untuk tujuan percobaan/ pemeliharaan. Untuk pemakaian yang tetap, kompresor dipasang permanen lebih disukai. Kompresor dan alat bantu harus selalu dipasang, tergantung instruksi pabrik pembuatnya. Biasanya untuk mendapatkan anti getaran dilakukan hal sebagai berikut :

- Dipasang di tempat yang jauh,
- Menggunakan fondasi terpisah.

Kecuali kompresor kecil, kompresor dipasang di ruang tersendiri.

Pemeliharaan khusus yang harus dilakukan untuk menjaga agar kompresor mendapatkan dingin, kering dan bebas debu. Bila lokasi pengambilan udara bersih tidak tersedia, instalasi menggunakan filter yang dipasang pada ujung pipa pengambilan udara. Pipa dari filter ke kompresor harus dibuat besar. Langkah ini memungkinkan udara isap bersih disalurkan ke beberapa kompresor melalui kanal isap bersama. Kondisi udara isap yang bersih adalah salah satu faktor yang menentukan umur kompresor.

Ukuran bervariasi tergantung kebutuhan udara peralatan pneumatik yang dihubungkan ke sistem dan harus ditambah kapasitas cadangan untuk keperluan peralatan pneumatik tambahan yang dihubungkan dalam waktu pendek serta 10-30 % untuk kebocoran-kebocoran yang terjadi. Kebutuhan udara dan ukuran pembangkit udara bertekanan merupakan kegiatan perencanaan yang sangat penting dan bukan perkara yang sederhana. Biaya yang tidak diperlukan dalam pembangkitan udara bertekanan dapat dihindari oleh perencanaan yang matang.

Jika udara yang diperlukan besar, dapat memasang dua atau tiga kompresor lebih baik daripada satu unit kompresor. Kegagalan satu unit kompresor akan menghasilkan seluruh peralatan komponen pneumatik gagal beroperasi atau bekerja dalam waktu singkat karena kapasitas udara yang tersedia di dalam tangki hanya cukup bekerja dalam waktu beberapa menit. Pembangkit udara bertekanan yang berisi beberapa unit, sistem pneumatik beroperasi secara kontinu, meskipun ada kegagalan satu mesin.

c. Rangkuman

d. Lembar Tugas

e. Tes Formatif

Udara Bertekanan

1. Hal-hal apa sajakah yang harus diperhatikan untuk mendapatkan udara yang berkualitas?
2. Untuk mempersiapkan udara bertekanan, elemen-elemen apa sajakah yang diperlukan?

Kompresor Udara

3. Sebutkan kriteria pemilihan kompresor !
4. Jelaskan cara kerja kompresor piston!
5. Sebutkan macam-macam kompresor berdasarkan cara pemampatan jenis perpindahan !
6. Berapa kapasitas dan tekanan yang dihasilkan kompresor di bawah ini ?
   - Kompresor piston satu tahap
   - Kompresor piston dua tahap
   - Kompresor sudu geser
   - Kompresor sekerup
   - Kompresor Roots-Blower
7. Kompresor jenis apa saja yang dapat menghasilkan udara bertekanan bebas minyak ?

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

Udara Bertekanan

1. Hal-hal apa sajakah yang harus diperhatikan untuk mendapatkan udara yang berkualitas?

   Jawab:

   Aspek di bawah ini harus diperhatikan guna untuk mendapatkan udara yang berkualitas :

   - Kuantitias udara yang diinginkan harus memenuhi kebutuhan sistem
   - Jenis kompresor yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan sistem
   - Tangki penyimpan udara yang memadai
   - Persyaratan udara yang bersih
   - Tingkat kelembaban udara yang dapat mengurangi korosi dan lembab
   - Persyaratan pelumasan jika diperlukan
   - Temperatur udara dan pengaruh lain yang rendah pada sistem
   - Persyaratan tekanan kerja
   - Ukuran katup dan saluran harus memenuhi kebutuhan sistem
   - Pemilihan bahan dan kebutuhan sistem harus sesuai dengan lingkungan
   - Tersedianya titik-titik drainase dan saluran buangan pada sistem distribusi.
   - Tata letak sistem pendistribusian udara yang sesuai.

2. Untuk mempersiapkan udara bertekanan, elemen-elemen apa sajakah yang diperlukan?

   Jawab:

   Elemen-elemen berikut harus dipergunakan dalam penyiapan udara bertekanan:

   - Kompresor udara
   - Tangki udara
   - Penyaring udara dengan pemisah air
   - Pengering udara
   - Pengatur-tekanan
   - Pelumas
   - Tempat pembuangan untuk kondensasi

Kompresor Udara

3. Sebutkan kriteria pemilihan kompresor !

Jawab :

Kriteria pemilihan kompresor :

- Volume udara yang dikeluarkan dengan satuan m3/min atau l / min
- Tekanan kerja dengan satuan bar.
- Desain
- Tenaga : tipe penggerak
- Kapasitas penyimpanan
- Pendinginan
- Kondisi dan lingkungan instalasi.
- Perawatan
- Biaya

4. Jelaskan cara kerja kompresor piston!

Jawab:

Cara kerja kompresor piston :

Poros engkol bekerja searah jarum jam. Poros engkol dan piston dihubungkan oleh batang piston. Pada saat piston bergerak turun dan mengisap udara atmosfir. Katup membuka secara otomatis karena perbedaan tekanan. Setelah piston mencapai posisi terendah , piston bergerak ke atas. Lubang isap menutup dan lubang keluar membuka sehingga udara dalam silinder tertekan keluar.

5. Sebutkan macam-macam kompresor berdasarkan cara pemampatan jenis perpindahan !

Jawab :

Macam-macam kompresor berdasarkan cara pemampatan jenis perpindahan :

Jenis perpindahan terdiri dari jenis putar (piston putar) dan jenis bolak balik (torak).

6. Berapa kapasitas dan tekanan yang dihasilkan kompresor di bawah ini ?

Jawab :

Kapasitas dan tekanan yang dapat dihasilkan kompresor :

a) Kompresor piston satu tahap :
   - Kapasitas : 500 m3/min
   - Tekanan : 12 bar

b) Kompresor piston dua tahap

- Kapasitas : 500 m3/min
- Tekanan : 30 bar

c) Kompresor sudu geser

- Kapasitas : 100 m3/min
- Tekanan kerja : 6,9 bar (satu tingkat)
  9,8 bar (dua tingkat)

d) Kompresor sekerup

- Kapasitas :
- Tekanan kerja : 8,3 bar

e) Kompresor Roots-Blower

- Kapasitas : 200 m3/min
- Tekanan : 0,79 bar (satu tingkat kompresi)
  2 bar (dua tingkat kompresi)

7. Kompresor jenis apa saja yang dapat menghasilkan udara bertekanan bebas minyak ?

Jawab :

Kompresor bebas minyak :

- kompresor membran,
- kompresor sekerup,
- kompresor jenis roots-blower,
- kompresor sudu geser (untuk kompresor kecil),
- kompresor turbo.

3. Kegiatan Belajar 3Distribusi Udara Bertekanan

a. Tujuan Pembelajaran

Siawa harus dapat:

1. Menyebutkan 3 macam pengering udara pada sistem pneumatik dengan benar,
2. Menjelaskan cara kerja pengering udara sistem pendingin,
3. Menjelaskan cara kerja pengering udara sistem absorsi,
4. Menjelaskan cara kerja pengering udara sistem adsorsi,
5. Menjelaskan fungsi tangki dengan benar,
6. Menyebutkan kriteria pemilihan tangki udara,
7. Menentukan besar tangki udara,
8. Menyebutkan syarat-syarat bahan pipa saluran udara yang baik,
9. Menentukan diameter pipa saluran utama dengan menggunakan nomogram,
10. Menjelaskan cara pengambilan udara bertekanan dari saluran utama,
11. Menyebutkan bagian-bagian unit pemeliharaan udara ,
12. Menjelaskan fungsi filter udara,
13. Menjelaskan fungsi pengatur tekanan,
14. Menjelaskan fungsi pelumas.

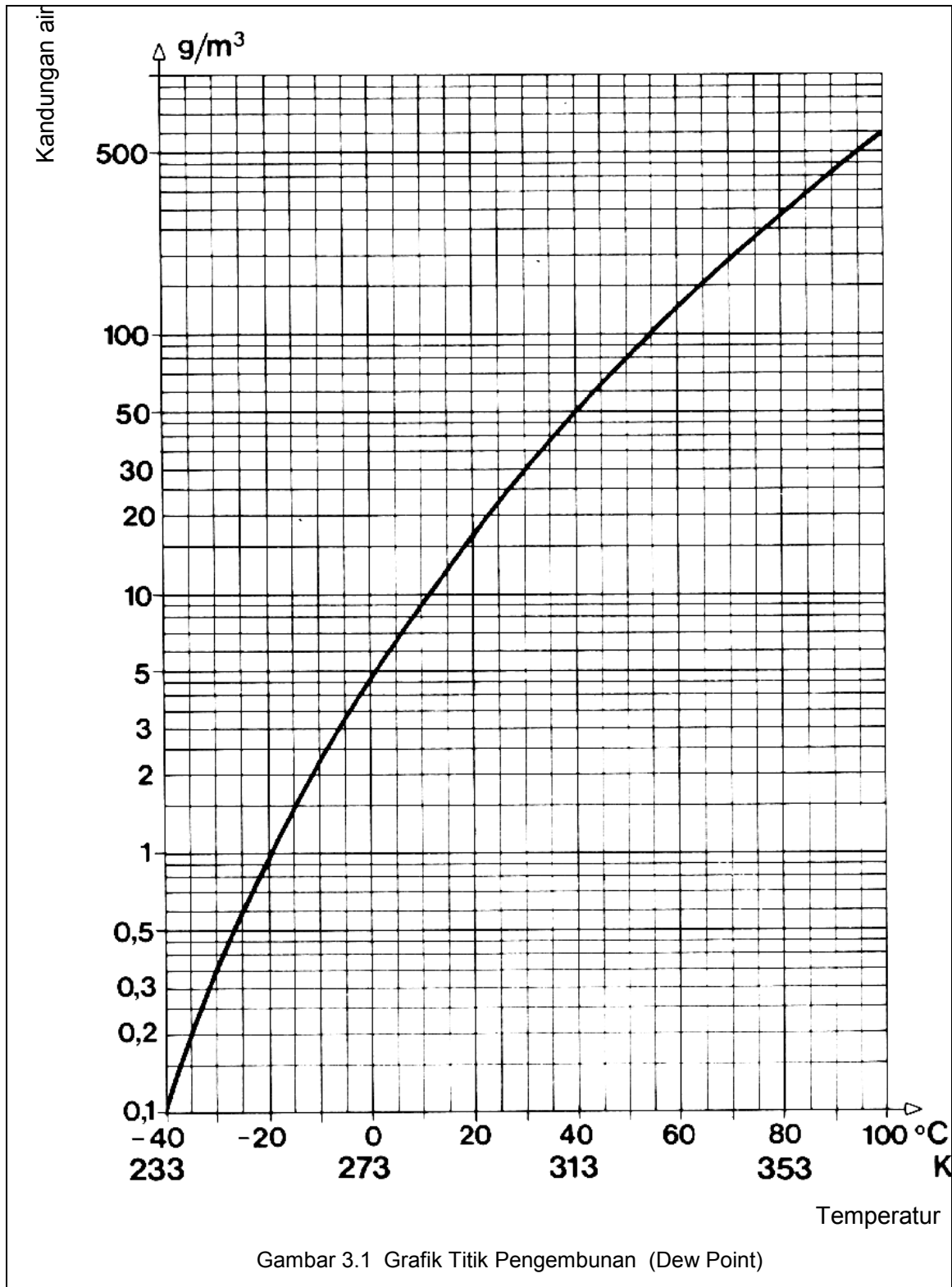
b. Uraian Materi

3.1 KONDISI UDARA BERTEKANAN

3.1.1 Udara Kering

Udara yang dihisap kompresor selalu mengandung uap air. Kadar air ini harus ditekan serendah mungkin. Suhu dan tekanan udara menentukan kadar kelembaban udara. Makin tinggi suhu udara, makin banyak kadar uap air yang dapat diserap. Apabila titik jenuh dari kelembaban udara mencapai 100%, meneteslah air. Gambar grafik 1 menunjukkan hubungan antara kandungan air dalam udara dengan temperatur pada kelembaban 100 %.

Contoh :

- Pada temperatur 20 C , udara mengandung air sebesar 17 gram/m3.
- Pada temperatur 40 C , udara mengandung air sebesar 51 gram/m3.

Gambar 3.1 Grafik Titik Pengembunan (Dew Point)

Maintenance Of Pneumatic Equipment And Systems, Festo Didactic

Contoh Perhitungan:

Sebuah kompresor berdaya hisap 10 m^3/h memampatkan udara bebas (20□C, kelembaban relatif 50%) pada tekanan absolut 7 bar (1,43 m^3/h). Sebelum pemampatan, kadar air sebesar 8,5 g/m^3. Hasilnya adalah massa air 85 g/h. Setelah pemampatan, suhu naik menjadi 40□C. Udara yang dijenuhkan pada lubang-keluar kompresor, mempunyai kadar air sebesar 51 g/m^3.

Pada massa udara yang dimampatkan 1,43 m^3/h, massa airnya adalah:

$$1{,}43\ m^3/h \cdot 51\ g/m^3 = 72{,}93\ g/h$$

Dengan demikian massa air yang dikeluarkan dari kompresor adalah:

$$85\ g/h - 72{,}93\ g/h = 12{,}07\ g/h$$

Jika kondensasi tidak dibuang semua, maka sisanya akan masuk ke dalam sistem dan dapat mengakibatkan kerusakan-kerusakan sebagai berikut:

- Korosi dalam pipa, katup, silinder, dan elemen-elemen lainnya. Ini akan menambah biaya pemakaian dan perawatan.
- Mencuci pelumas asli pada elemen yang bergerak.
- Mengganggu fungsi kontak dari katup
- Mencemarkan dan merusak hal tertentu misalnya pada industri makanan, dan pengecatan.

Oleh karena itu, kandungan air harus dikeluarkan dari udara bertekanan sebelum menyebabkan gangguan; ***udara*** harus benar-benar ***kering***.

3.1.1.1 Pengeringan Udara Bertekanan

Air menyebabkan seal keras, korosi dan lubrikasi asli silinder tercuci. Minyak dan air menyebabkan seal dan membran sobek. Pada pekerjaan pengecatan, air dan debu menyebabkan pengotoran, daya rekat cat rendah dan melepuh. Di dalam industri makanan, obat-obatan, dan kimia; minyak, kotoran, bakteri, dan kuman merusak produksi.

Umur sistem pneumatik berkurang jika embun yang berlebihan dibawa masuk ke dalam sistem ke elemen-elemen kontrol. Oleh karena itu, penting memasang peralatan penyaring udara untuk mengurangi kandungan embun sampai ke tingkat yang sesuai dengan yang digunakan pada elemen-elemen pemakai. Ada 3 cara untuk mengurangi kandungan air di dalam udara:

- Pengering temperatur rendah (dengan sistem pendingin)
- Pengering adsorbsi
- Pengering absorbsi

Penambahan biaya untuk pengadaan peralatan pengering udara dikompensasi dengan turunnya biaya pemeliharaan dan menambah keandalan sistem.

Satuan penghitungan untuk pengeringan udara bertekanan adalah ***dew point*** (titik pengembunan).

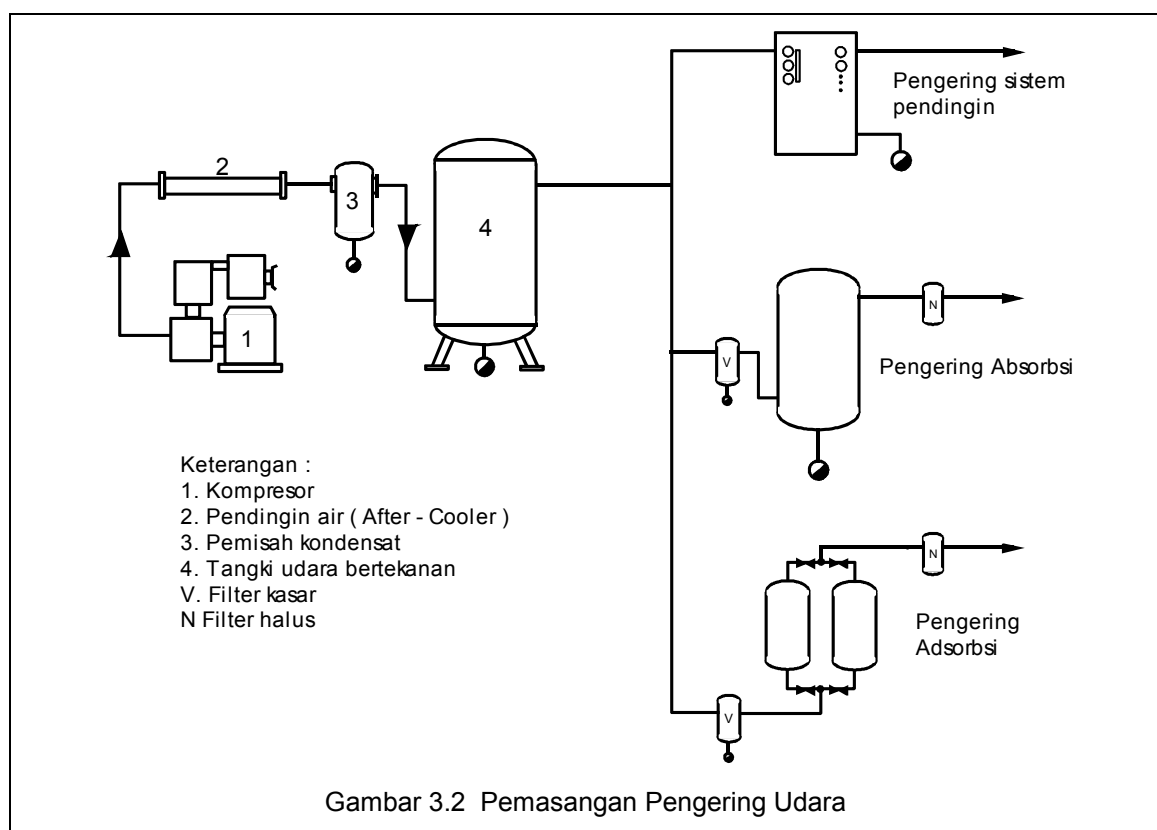
Titik Pengembunan adalah :

- temperatur di mana udara dijenuhkan dengan uap air (100 % kelem-baban udara).

Setiap penurunan temperatur udara akan mengakibatkan pengembunan uap air Semakin rendah titik pengembunannya, makin sedikit air yang diserap dari udara. Kapasitas udara untuk menyerap uap air tergantung dari volume udara dan temperaturnya , tidak tergantung pada tekanannya.

Berbagai metode digunakan untuk mengeringkan udara bertekanan . Masing-masing metode memiliki karakteristik khusus sendiri dan akan menghasilkan hasil yang optimum hanya jika digunakan secara benar. Yang paling umum adalah **Pengering dengan Sistem Pendingin** (*Refrigeration Drying*) karena metode ini adalah metode yang paling penting dalam industri.

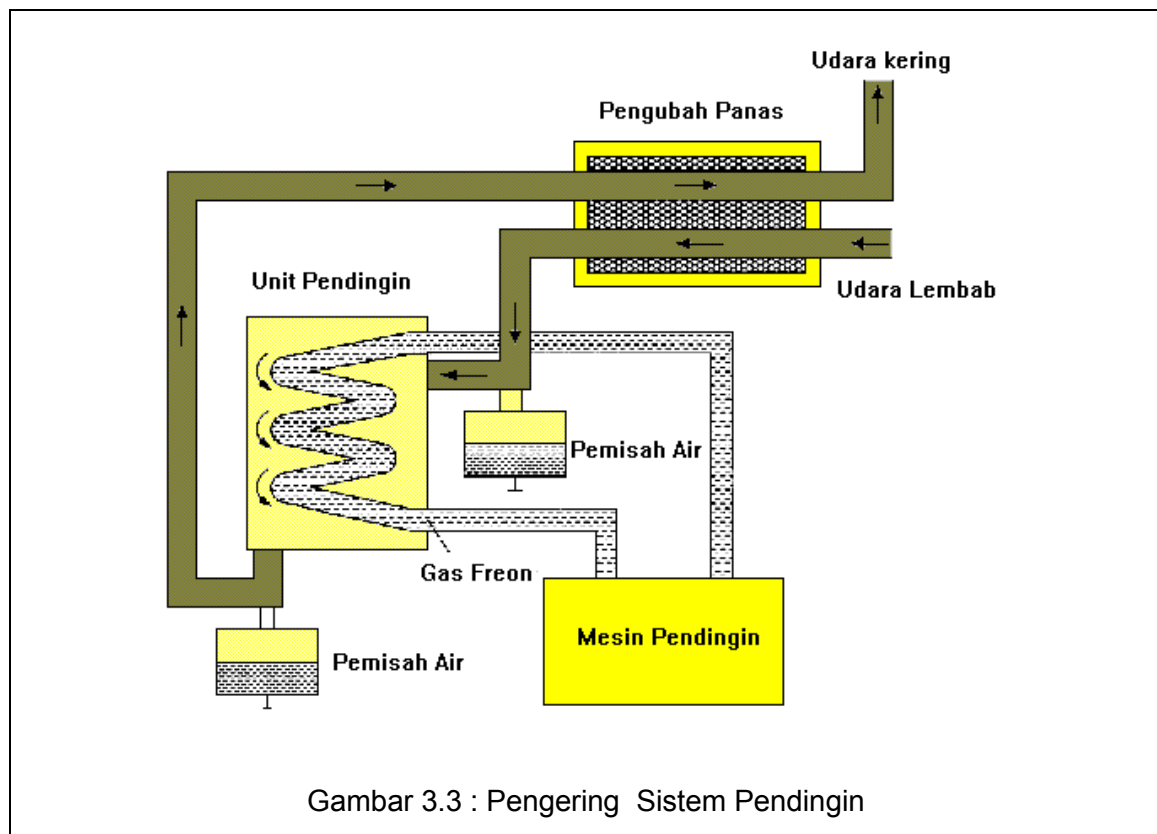
Pengeringan udara bertekanan dipasang langsung dari tangki seperti pada gambar berikut ini .

Gambar 3.2 Pemasangan Pengering Udara

Pneumatic Control, Vogel-Buchverlag

3.1.1.2   Pengering Dengan Pendingin

Jenis pengering yang paling banyak digunakan adalah pengering dingin. Unit ini beroperasi secara ekonomis dan handal serta biaya perawatannya rendah. Dengan pengering dingin, udara bertekanan masuk melalui sistem penukar panas, terus mengalir melalui unit pendingin. Tujuannya adalah menurunkan temperatur udara sampai ke titik pengembunan dan air kondensasi akan jatuh dalam jumlah yang dibutuhkan.

Makin tinggi perbedaan suhu untuk titik pengembunan, makin banyak air yang dikondensasi. Melalui pengering dingin, dapat dicapai suhu cair antara 2□C sampai 5□C. Jika titik pengembunan dikurangi, udara sedikit menyerap air.

Diagram skema pengering pendingin adalah sebagai berikut :

Gambar 3.3 : Pengering Sistem Pendingin

Pneumatics, Textbook, Festo Didactic

Cara Kerja Pengering Pendingin

Mesin Pengering terdiri dari unit pendingin dan alat penukar panas (Heat Exchanger). Udara bertekanan yang hangat dari kompresor atau tangki didinginkan sampai titik pengembunan yang diinginkan. Udara bertekanan yang didinginkan kemudian disaring untuk menghilangkan partikel-partikel padat yang masih ada dan uap minyak yang terkandung dalam udara bertekanan. Pengering pendingin menghilangkan kira-kira 80 - 90 % minyak dari pelumas kompresor yang terkandung dalam udara bertekanan. Udara yang didinginkan tersebut kemudian diteruskan ke dalam alat penukar panas.

Di dalam alat penukar panas udara hangat dan lembab (temperatur udara masuk boleh mencapai + 60□C) masuk unit pendingin mengeluarkan sebagian panasnya dan didinginkan. Sebaliknya udara bertekanan dingin yang keluar unit pendingin dihangatkan kembali . Karena adanya alat penukar panas ini unit pendingin perlu menyuplai hanya 40 % dari kebutuhan energi total.

Sistem kontrol tertutup dalam rangkaian pendingin menghasilkan titik pengembunan pada tekanan operasi yang konstan pada pengering pendingin tersebut

3.1.1.3 Pengering Absorbsi

Pengering absorbsi dipakai untuk aplikasi-aplikasi di luar bidang teknik seperti dalam pemaketan kamera-kamera dan peralatan lain yang sensitif terhadap uap air dan perlindungan peralatan dalam daerah sub-tropis.

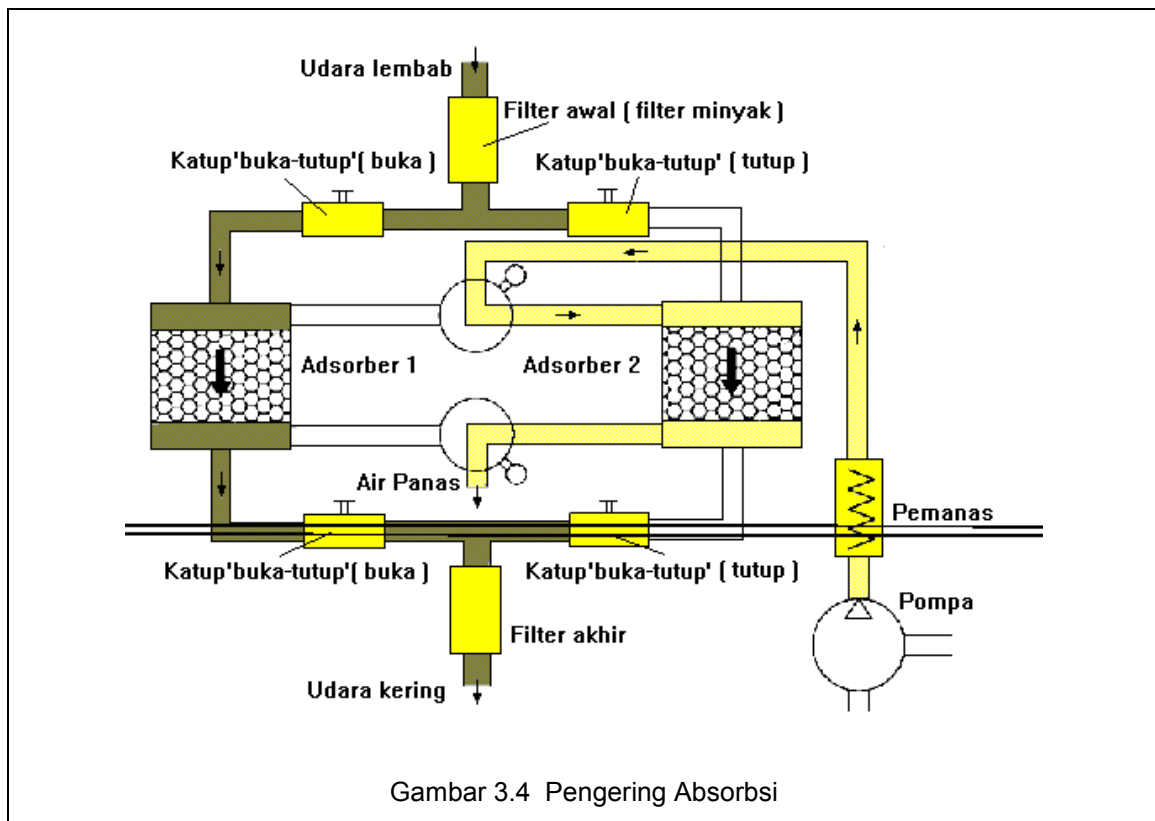
Cara Kerja Pengering Absorpsi :

Mesin Pengering Absorbsi terdiri dari 2 tangki yang sama yang saling terhubung dengan diisi elemen pengering . Elemen pengeringnya adalah bahan berupa butiran-butiran dengan bentuk tepi runcing atau bentuk manik-manik. Elemen pengering ini berisi hampir seluruhnya silikon dioksida.

Tangki pertama digunakan untuk mengeringkan udara bertekanan yang melaluinya sedangkan tangki yang lain elemen pengering dibangkitkan kembali dengan menggunakan udara hangat atau dingin.

Di dalam proses ini, udara bertekanan dialirkan melalui gel, dan air diserap pada permukaan; (absorb adalah air diserap pada permukaan padat) sehingga udara yang keluar kering. Jika gel dalam satu tangki telah jenuh, maka aliran udara dipindah ke tangki kedua dan tangki pertama diregenerasi oleh pengering udara-panas.Temperatur terendah yang dapat dicapai sistem ini sampai -90□C.

Udara bertekanan yang masuk mesin ini mengandung minyak dan zat-zat lain yang dapat menyebabkan kontaminasi pada elemen pengering tersebut . Oleh karena itu elemen pengering harus diganti secara berkala tergantung tingkat kontaminasinya.

Gambar 3.4 Pengering Absorbsi

Pneumatics, Textbook, Festo Didactic

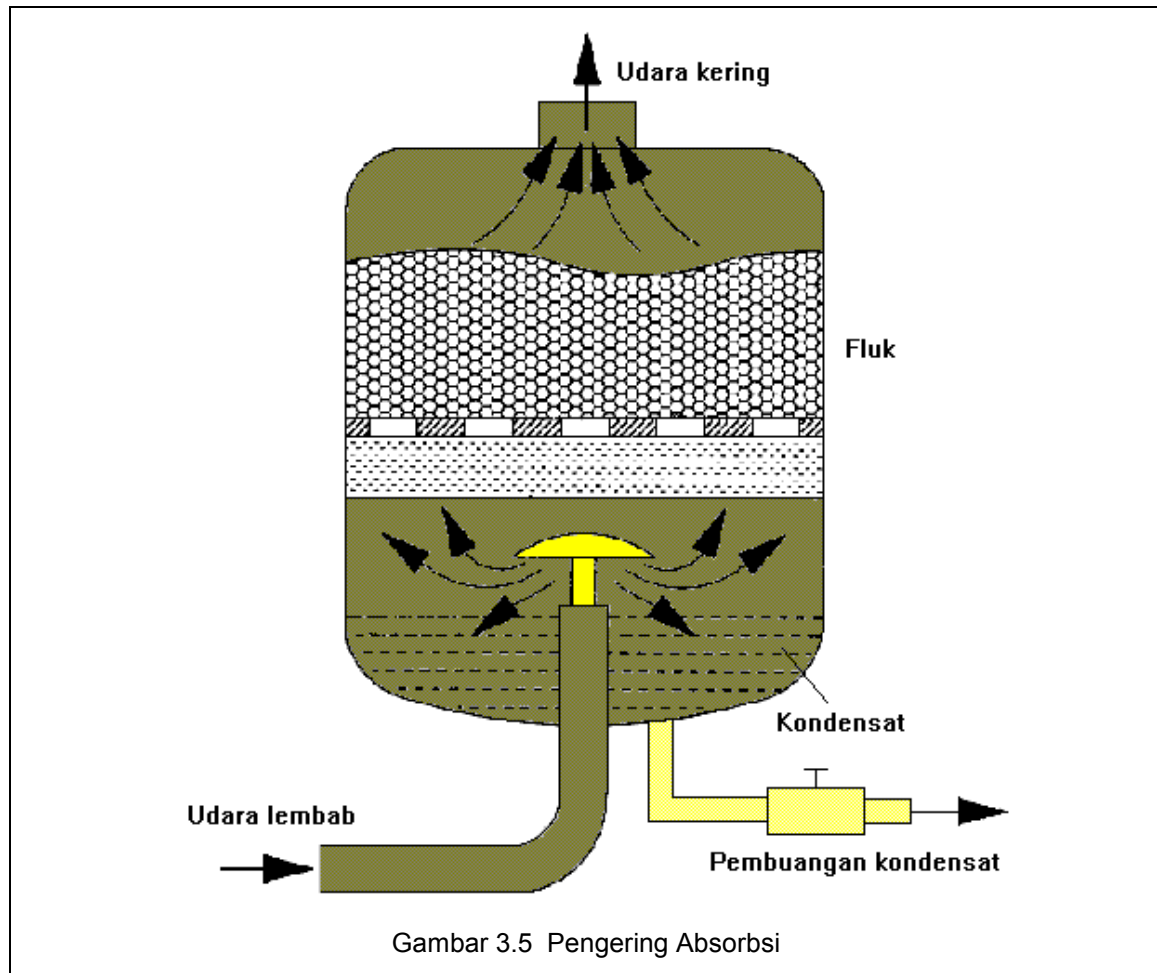
3.1.1.4 Pengering Absorbsi

Pengering absorpsi adalah proses kimia murni. Embun di dalam udara bertekanan bersenyawa dengan elemen pengering di dalam tangki. Hal ini akan menyebabkan elemen pengering menjadi rusak. Persenyawaan ini akan masuk ke dalam dasar tangki. Pengering absorpsi tidak pernah dipergunakan dalam industri, karena biaya operasinya yang tinggi dan efisiensi yang rendah.

Partikel-partikel oli juga dipisah di dalam sistem ini. Jumlah minyak yang masuk mempengaruhi efisiensi pengering absorpsi. Maka perlu dipasang penyaring halus di depan pengering.

Proses absorpsi mempunyai ciri-ciri:

- Pemasangan instalasi sederhana
- Keausan mekanik rendah karena tidak ada gesekan dalam pengering ini.
- Tidak dibutuhkan energi dari luar.

Gambar 3.5 Pengering Absorbsi

Pneumatics, Textbook, Festo Didactic

3.1.2 Udara Bertekanan Bebas Minyak

Banyak aplikasi pneumatik yang membutuhkan udara bertekanan tidak berpelumas (tanpa minyak), sebagai contoh dalam industri makanan dan farmasi, laboratorium atau rancangan di mana sistem kontrol pneumatik diutamakan seperti dalam ruangan yang bersih, untuk peralatan pengukuran pneumatik. Udara tidak berpelumas diperlukan di mana benar-benar tidak dapat diterima untuk produk yang bersinggungan dengan udara bertekanan yang terkontaminasi atau sisa-sisa kondensasi. Sebaliknya udara bertekanan yang tidak berpelumas menuntut kontrol dan komponen daya yang sesuai. Sekarang ini banyak pilihan dari komponen-komponen pneumatik yang dirancang untuk udara bertekanan tidak berpelumas. Udara bertekanan " bebas minyak " merupakan istilah yang harus dikualifikasikan dengan jumlah minyak sisa yang

ada dalam udara bertekanan. Bahkan sisa minyak yang sedikit dalam udara bertekanan dapat berarti jumlah yang banyak jika konsumsi udara bertekanan tinggi.

Udara bertekanan tanpa pelumas dapat dicapai dengan cara :

- Memakai filter udara
- Menggunakan kompresor bebas minyak.

Filtrasi atau Pembangkit Bebas Minyak ?

Kapan saja udara bertekanan tidak berlubrikasi dibutuhkan dan jumlah apklikasi seperti itu bertambah secara tetap, kita perlu memutuskan apakah membangkitkan udara bertekanan bebas minyak atau menggunakan filter udara.

Dari sudut pandang pembuat filter dan pembuat kompresor yang tidak menawarkan mesin-mesin bebas minyak, jawabannya adalah untuk tetap menginvestasikan kompresor sampai minimum dan membangkitkan udara bertekanan dengan menggunakan kompresor bebas minyak dan kemudian menyaring udaranya. Ada pendapat yang yang sebaliknya bersikeras bahwa “ udara tak berpelumas dengan filter merupakan argumen sales dan bukan argumen teknologi “. Pemakai yang membutuhkan udara tak berpelumas seharusnya membangkitkannya tanpa pelumas dan tidak menyaringnya keluar. Metode ini lebih murah dan lebih terpercaya. Hal ini muncul dari pabrik pembuat kompresor berpelumas dan tak berpelumas (kompresor putar sudu geser, kompresor sekerup dan kompresor aliran).

Pendapat tersebut menggambarkan filtrasi sebagai suatu cara tidak langsung untuk mendapatkan udara bertekanan tak berpelumas. Mengingat biaya pembelian , kompresor sekrup dengan operasi tak berpelumas menjadi 1/3 lebih mahal dibandingkan dengan kompresor sekrup berpelumas. Sebaliknya , konsumsi minyak dan biaya pembuangan kondensasi kompresor berpelumas berarti bahwa biaya operasi kompresor sekerup berpelumas menjadi lebih tinggi. Selain pertanyaan keamanan yang sering diabaikan (*filter dapat menurunkan efisiensi atau bahkan meledak*), pembangkit udara bertekanan yang bebas minyak dapat juga diharapkan lebih ekonomis, bukan karena tidak adanya kebutuhan untuk perawatan filter yang mahal dan kerugian tekanan . Lebih jauh, udara bertekanan yang telah difilter untuk menghilangkan minyak sering tidak sesuai dengan data-data filter yang ada. Kandungan minyak sisa sebesar 0,003 mg/m3 merupakan unjuk kerja yang mengesankan untuk sebuah filter. Namun udara yang keluar selalu mengandung minyak.

3.2 TANGKI UDARA

3.2.1 Fungsi Tangki

Tangki mempunyai fungsi sebagai berikut :

a) Untuk mendapatkan tekanan konstan pada sistem pneumatik, dengan tidak mengindahkan beban yang berfluktuasi

b) Penyimpan / tandon udara sebagai “emergency suplay” bila sewaktu-waktu ada kegagalan kompresor, beban pemakaian yang tiba-tiba besar.

c) ruangan yang luas dari tangki akan mendinginkan udara. Oleh karena itu, penting pada tangki bagian bawah dipasang kran untuk membuang air kondensasi

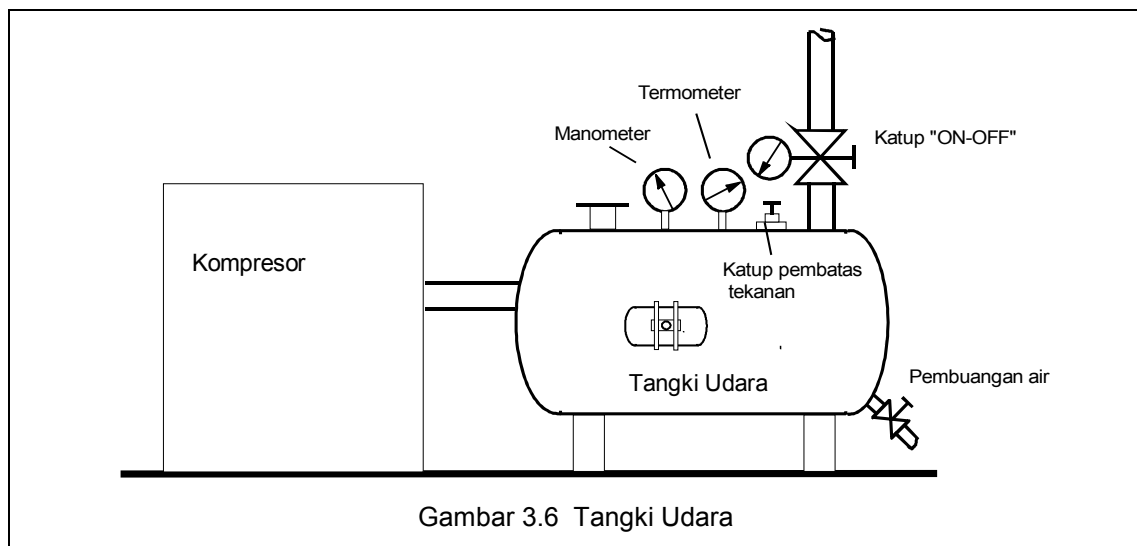
3.2.2 Ukuran Tangki

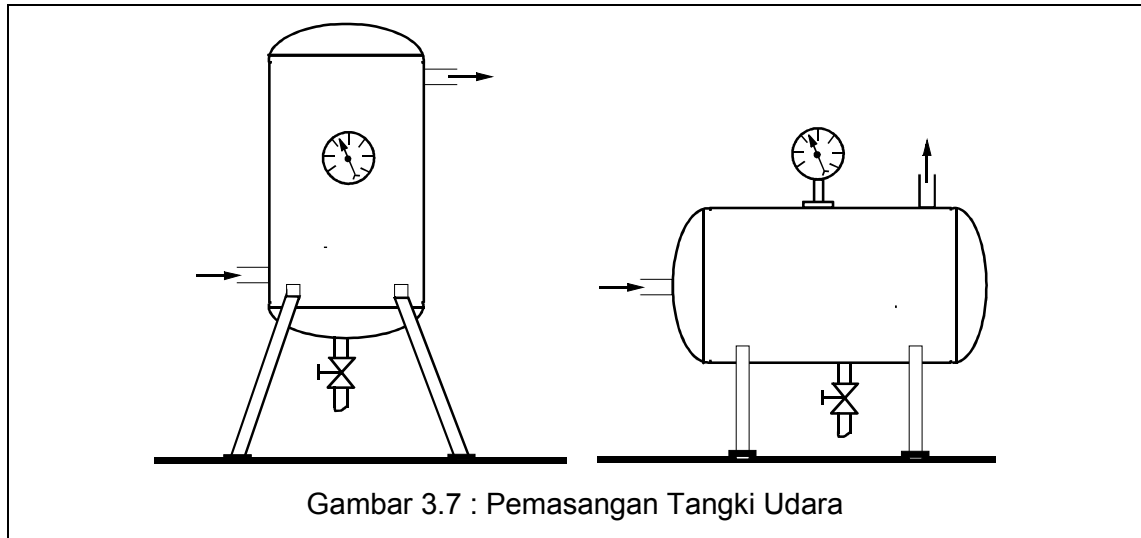
Pemilihan ukuran tangki udara bertekanan tergantung dari:

- Volume udara yang ditarik ke dalam kompresor
- Pemakaian udara konsumen
- Ukuran saluran
- Jenis dari pengaturan siklus kerja kompresor
- Penurunan tekanan yang diperkenankan dari jaringan saluran.

Hal lain yang harus diperhatikan dalam pemilihan tangki udara adalah adanya :

- Penunjuk tekanan (manometer)
- Penunjuk temperatur (termometer)
- Katup relief
- Pembuangan air
- Pintu masuk (untuk tangki yang besar)

Gambar 3.6 Tangki Udara

Tangki udara dapat dipasang secara vertikal atau horisontal. Udara keluaran diambilkan dari bagian atas tangki, sedangkan udara masuk lewat bagian bawah tangki.

Gambar 3.7 : Pemasangan Tangki Udara

Untuk menentukan besar tangki dapat dilakukan dengan pertolongan diagram volume simpan tangki udara

Contoh:

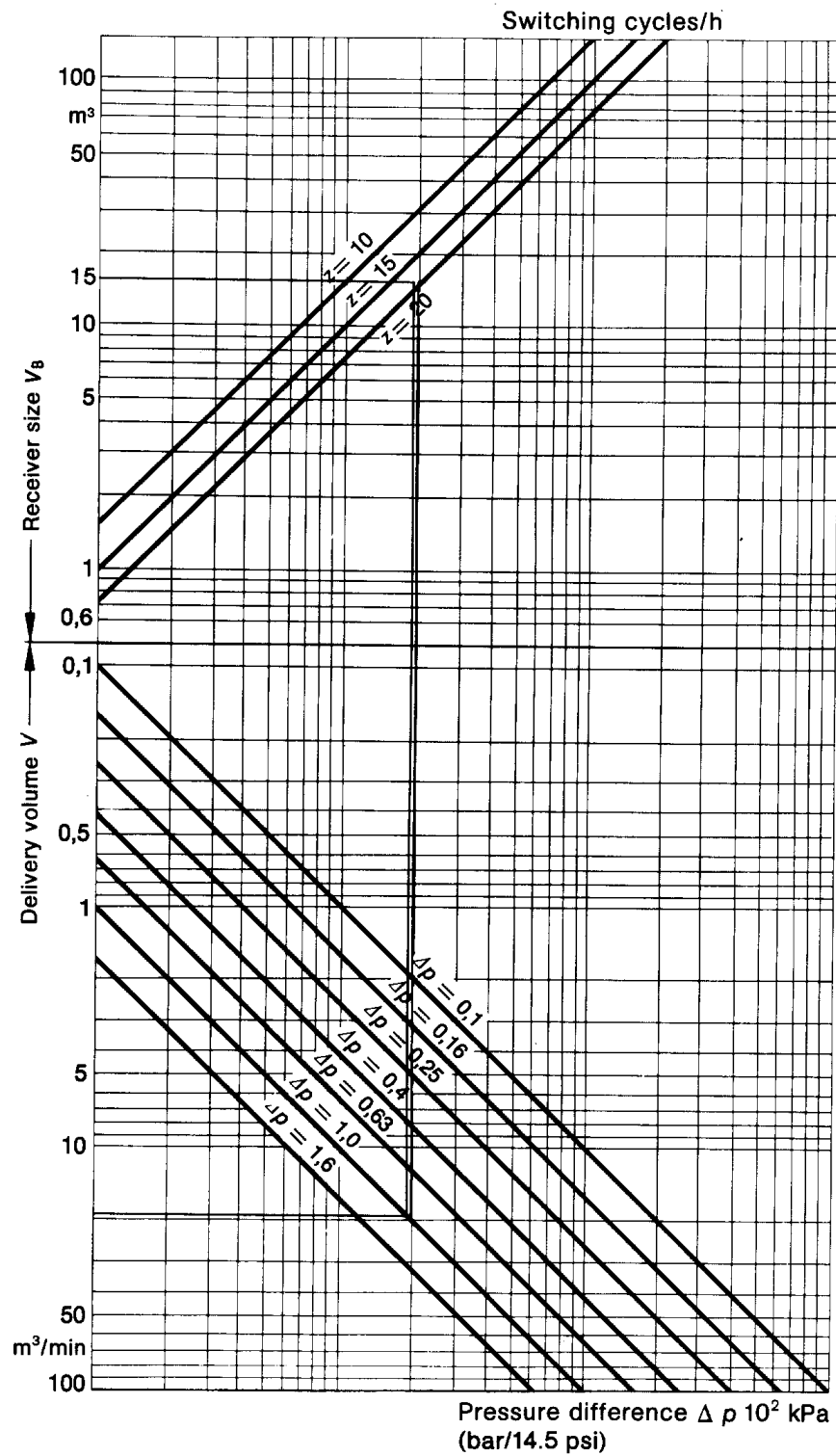
Udara yang ditarik (kapasitas) V = 20 m3/min

Banyaknya kontak / jam z = 20

Kerugian tekanan □p = 100 kPa (1 bar)

Hasil:

- besar tangki penyimpan VB = 15 m3 (lihat gambar)

Volume simpan tangki udara dapat ditentukan dengan diagram di bawah ini :

Gambar 3. 8 Diagram Volume Simpan Tangki Udara

3.3 Saluran Udara

Untuk menjamin distribusi udara yang handal dan lancar, beberapa hal harus diperhatikan. Ukuran pipa yang benar sama pentingnya seperti halnya bahan yang digunakan, tahanan sirkulasi, susunan pipa dan pemeliharaan.

3.3.1. Ukuran Pipa Saluran

Untuk instalasi baru, kemungkinan perluasan jaringan harus diperhitungkan. Oleh sebab itu saluran utama harus dibuat lebih besar daripada tuntutan sistem yang sebenarnya. Dalam kaitan ini, disarankan untuk memasang penutup katup tambahan.

Di semua pipa, timbul penyusutan tekanan akibat tahanan sirkulasi, terutama pada penyempitan, tikungan (bengkokan), pencabangan dan sambungan pipa. Penyusutan harus diberi kompensasi oleh kompresor. Turunnya tekanan di seluruh jaringan, jangan sampai lebih besar dari 0,1 bar.

Kriteria yang lain yang harus diperhatikan dalam penentuan diameter dalam pipa adalah :

- Kecepatan aliran
- Panjang pipa
- Kerugian tekanan yang diijinkan (ideal 0,1 bar)
- Tekanan kerja
- Jumlah pencabangan, tahanan pipa.

3.3.2 Bahan Pipa

Sistem udara bertekanan memerlukan pipa yang memiliki sifat-sifat khusus. Pipa tersebut harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

- Kerugian tekanan rendah
- Bebas kebocoran
- Tahan karat
- Mempunyai kemampuan pemuaian.

Di dalam pemilihan bahan pipa yang sesuai, pertimbangannya tidak hanya harga permeternya , tetapi juga faktor-faktor utama yang lain, biaya instalasinya.

Bahan yang paling rendah adalah plastik. Pipa plastik dapat disambung 100 % rapat udara melalui perekat (lem) atau sambungan (fiting) dan mudah disambung / diperpanjang.

Tembaga, baja dan besi mempunyai harga pembelian yang murah , tetapi harus di las atau disambung melalui sambungan ulir. Jika pekerjaan tersebut tidak dapat dikerjakan dengan benar maka serpihan besi, partikel-partikel las atau bahan seal bisa masuk ke dalam sistem. Ini dapat membawa kegagalan pemakaian utama. Untuk diameter kecil dan menengah, pipa plastik lebih unggul dari material lain seperti harga, pemasangan, perawatan dan mudah perpanjangannya.

3.3.3 Saluran Utama

Saluran utama dimulai dari tangki udara. Saluran dipasang secara permanen untuk membawa udara bertekanan sampai ke pemakai. Kriteria utama dalam sistem pemipaan adalah kecepatan aliran, penurunan tekanan dan sambungan kuat yang melaluinya.

3.3.3.1 Perencanaan Saluran Utama Baru

Ukuran pipa dipengaruhi oleh faktor-faktor kecepatan aliran, penurunan tekanan, tekanan kerja jumlah sambungan/pencabangan dan panjang pipa

Aliran Rata-Rata

Aliran rata-rata adalah rata-rata pemakaian udara yang jumlahnya ditentukan oleh ahli perencana. Kecepatan aliran dan penurunan tekanan saling berhubungan satu sama lain. Ketidakrataan dinding dalam pipa dan jumlah pencabangan yang dipasang juga mempengaruhi penurunan tekanan. Semakin tinggi kecepatan aliran, semakin tinggi pula penurunan tekanan sampai sambungan akhir pada pipa.

Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran udara bertekanan pada saluran utama seharusnya antara 6 dan 10 m/detik. Diusahakan agar dijamin kecepatan di bawah 10 m/detik. Sambungan L (pipe elbow), katup reducer dan penghubung selang menyebabkan kecepatan aliran naik di atas ketentuan yang diijinkan pada beberapa titik. Kenaikan temporer kecepatan aliran menyebabkan peralatan kerja menggunakan udara dengan rata-rata tinggi.

Penurunan Tekanan

Penurunan tekanan seharusnya tidak lebih dari 0,1 bar sampai ke pemakai. Dalam praktiknya kerugian sebesar 5 % tekanan kerja. Untuk tekanan kerja 6 bar, maka penurunan tekanan sebesar 0,3 bar.

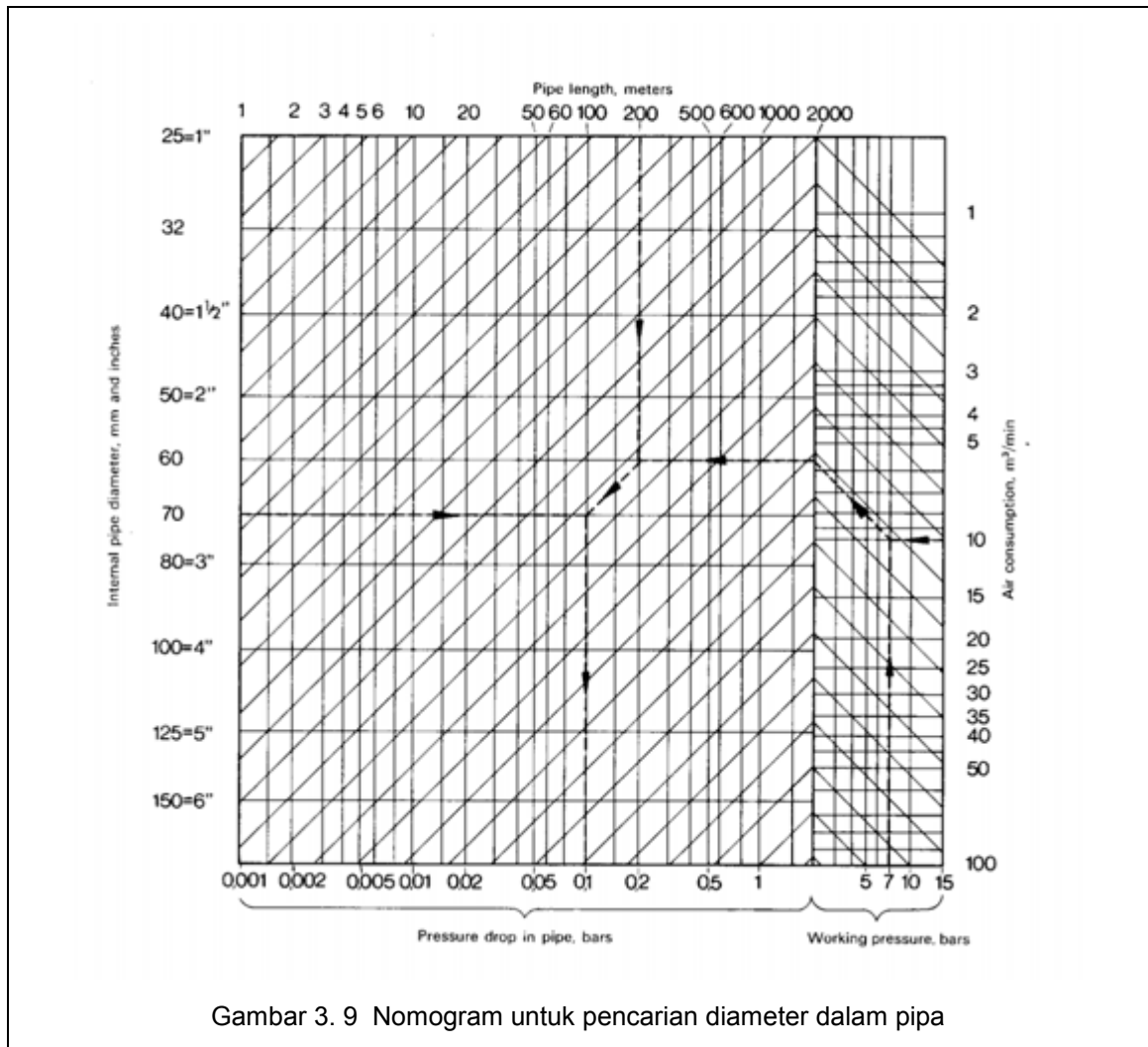
Pembatasan Aliran

Pembatasan aliran pada saluran utama dibentuk oleh katup, bengkokan dan sambungan bentuk T. Dalam perhitungan diameter dalam pipa, pembatasan aliran harus diubah menjadi panjang pipa equivalen. yaitu dengan jalan menambahkan dengan panjang pipa utama sesungguhnya.

Tabel di bawah menunjukkan tahanan aliran dari katup dan fiting pipa yang diubah menjadi panjang pipa equivalen.

Katup atau Fiting	Panjang pipa equivalen (meter)						
	diameter dalam pipa (milimeter)						
	25	**40**	**50**	**80**	**100**	**125**	**150**
Seated valve	6	10	15	25	30	50	60
Steamlined valve	3	5	7	10	15	20	25
Sluice valve	0,3	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5
Pipe elbow	1,5	2,5	3,5	5	7	10	15
Pipe elbow, r = d	0,3	0,5	0,6	1	1,5	2	2,5
Pipe elbow, r = 2 d	0,15	0,25	0,3	0,5	0,8	1	1,5
Hose coupling (penghu bung selang),pipe tee (pencabangan T)	2	3	4	7	10	15	20
Reducer	0,5	0,7	1	2	2,5	3,5	4

Pneumatic Control, Vogel-Buchverlag

Pabrik kompresor telah menyiapkan dasar perhitungan pipa udara seperti ditunjukkan oleh sebuah nomogram untuk membantu mencari besar diameter dalam pipa.

Gambar 3. 9 Nomogram untuk pencarian diameter dalam pipa

Pneumatic Control, Vogel-Buchverlag

Cara pembacaan nomogram adalah sebagai berikut :

Sebelah kanan nomogram adalah rata-rata pemakaian udara dan tekanan kerja. Sebagai contoh tekanan kerja 7 bar, rata-rata aliran 10 m3/min. Pertemuan garis tekanan kerja dan pemakaian udara ditarik dan ditemukan dengan garis panjang pipa (dalam contoh panjang pipa 200 m). Pertemuan titik tersebut dihubungkan dengan garis penurunan tekanan (dalam contoh 0,1 bar) dan pertemuan tersebut ditarik kekiri horisontal akan diketemukan diameter dalam pipa (dalam contoh 70 mm)

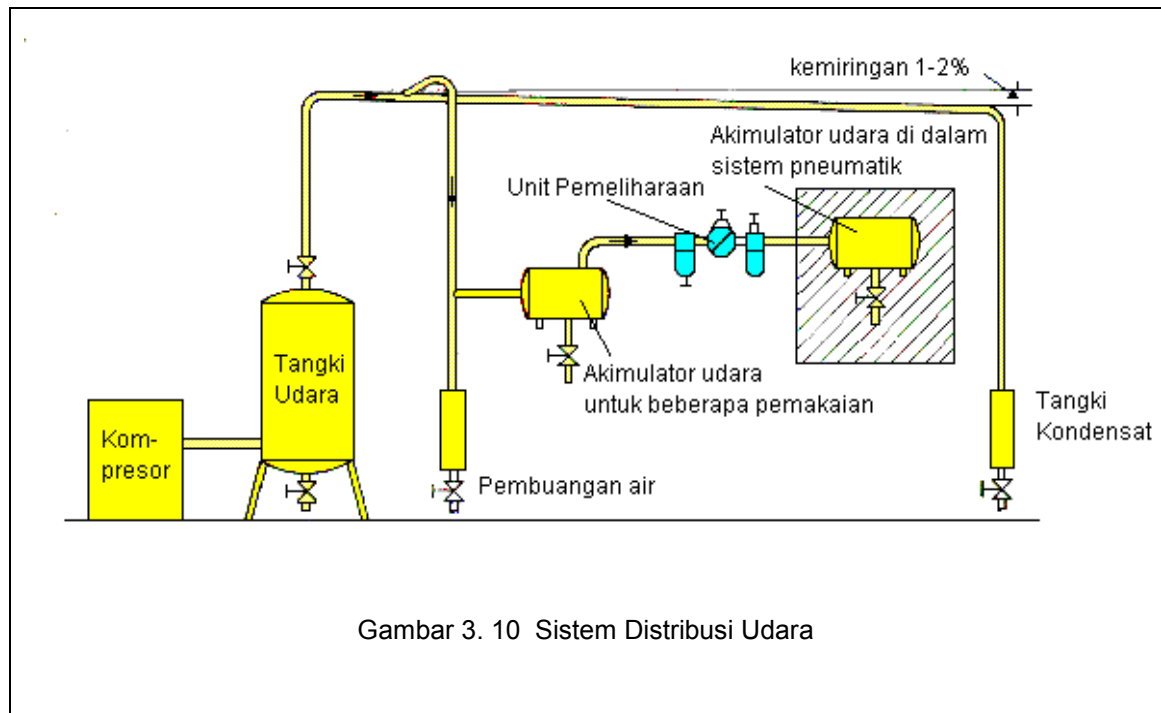
3.3.3.2 Instalasi Sistem Pipa

Pipa saluran utama yang dipasang permanen harus mungkin dapat dicapai dari semua sisi. Instalasi di dalam tembok atau pada kanal pipa tidak menjadi masalah , yang terpenting adalah tidak menimbulkan kebocoran.

Pada saluran utama, meskipun pemisahan air dalam sistem pembangkit tekanan berjalan baik, penurunan tekanan dan pendinginan luar dapat menghasilkan kondensat dalam pipa sistem.

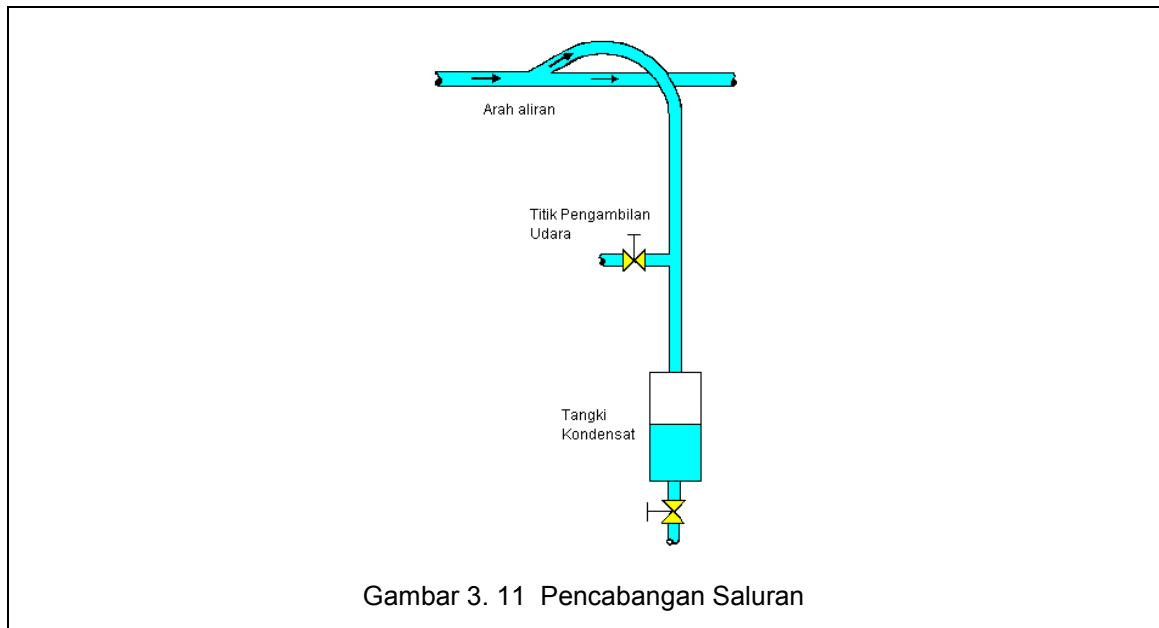
Supaya kondensat ini dapat dibuang, saluran harus diletakkan pada arus dengan kemiringan 1 - 2 % . Saluran ini dapat pula dipasang bertahap. Kemudian kondensat dapat dibuang pada titik terendah melalui pembuangan air.

Gambar di bawah menunjukkan sistem distribusi udara :

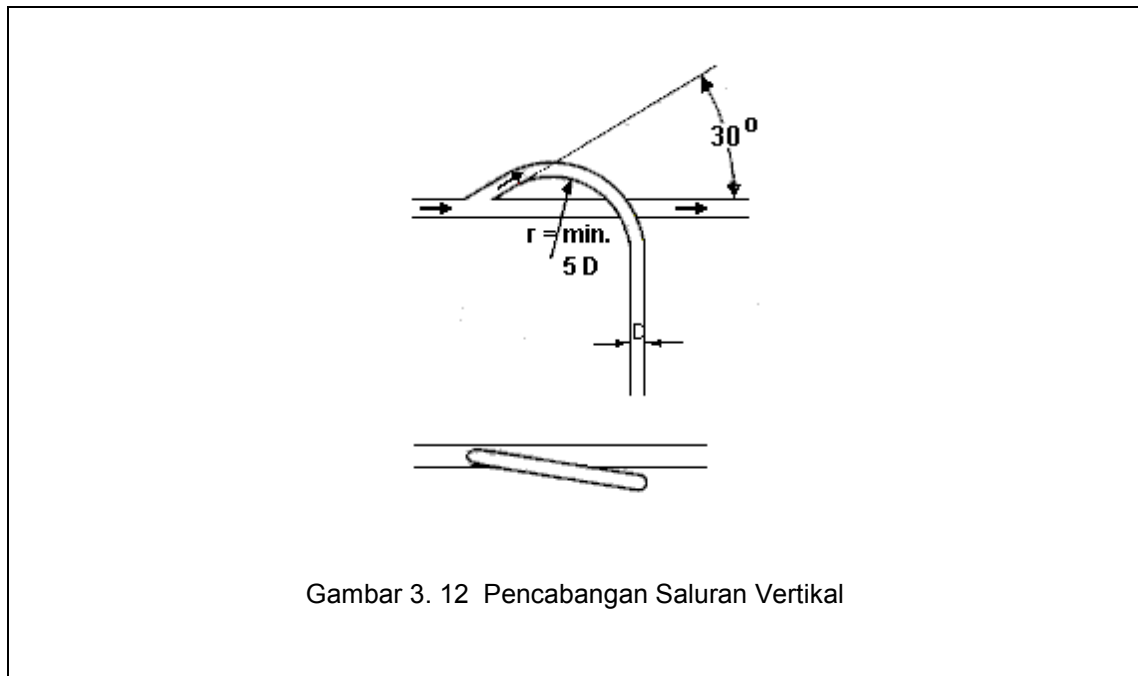
Gambar 3. 10 Sistem Distribusi Udara

Pneumatic Control, Vogel-Buchverlag

Pada saluran utama vertikal , titik pengeluaran (pemakai) tidak berada di titik terendah tetapi di atas titik terendah saluran vertikal. Titik terendah saluran vertikal dipakai untuk menyimpan dan membuang air kondensasi.

Gambar di bawah menunjukkan saluran vertikal yang mengambil pencabangan dari saluran horisontal.

Gambar 3. 11 Pencabangan Saluran

Pneumatic Control, Vogel-Buchverlag

Untuk mengamankan peralatan pemakai dari air kondensasi dari saluran utama, saluran pencabangan harus diletakkan ke atas. Saluran pencabangan membentuk kemiringan ke atas sebelum turun ke bawah dan mempunyai jari-jari dalam bengkokan paling rendah 2 kali diameter pipa (r = 2 D). Saluran pencabangan vertikal dapat dilihat pada gambar di bawah .

Gambar 3. 12 Pencabangan Saluran Vertikal

Pneumatic Control, Vogel-Buchverlag

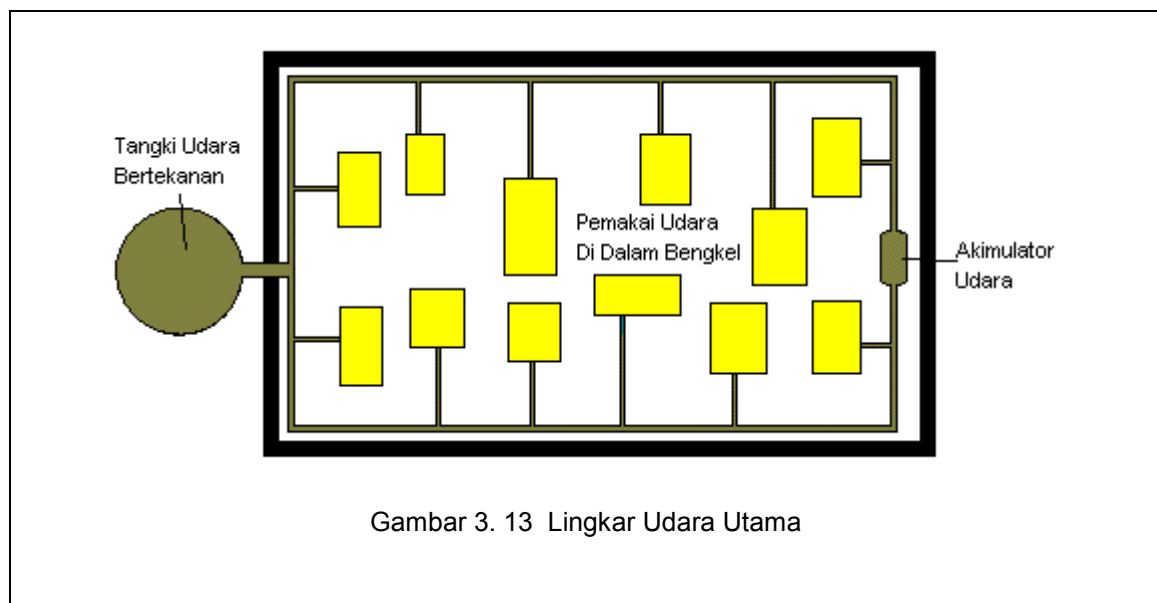
Tata Letak Pemipaan

Faktor yang penting di dalam penentuan pengoperasian yang ekonomis dari sistem udara bertekanan adalah :

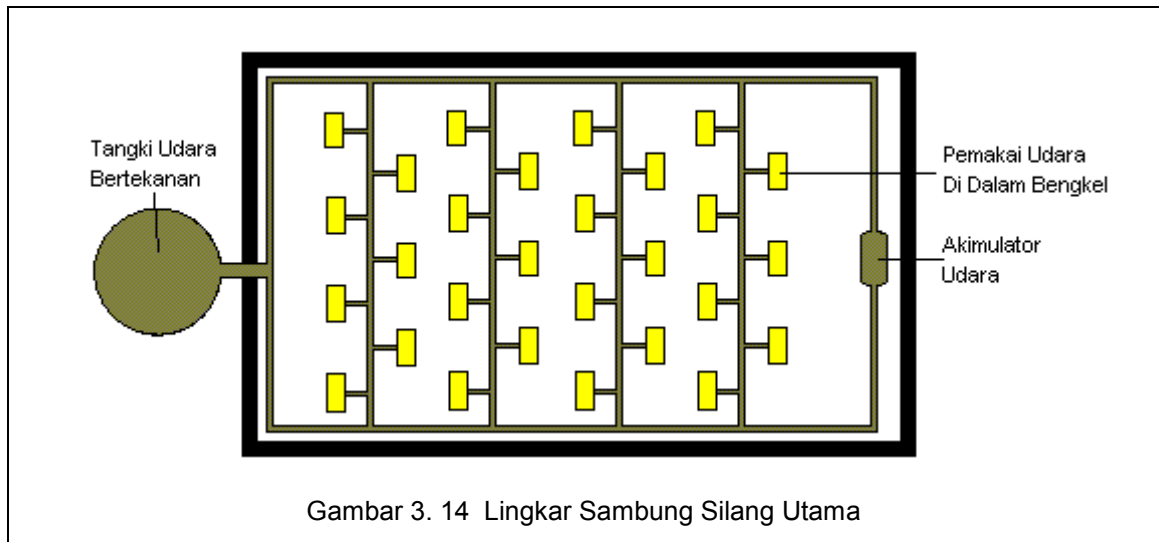
- Ukuran pipa yang benar
- Bahan pipa yang berkualitas
- Tata letak/pemasangan instalasi pipa yang benar.

Udara bertekanan dimasukkan ke dalam sistem sewaktu-waktu oleh kompresor. Sering terjadi kebutuhan konsumen naik hanya dalam waktu yang singkat. Ini akan membawa ke kondisi yang tidak baik pada saluran udara bertekanan. Oleh karena itu, seharusnya saluran udara bertekanan dibuat dalam bentuk melingkar **(*Ring Main*).** Saluran udara yang melingkar, menjamin kondisi tekanan yang konstan.

Perubahan tekanan di dalam jaringan menuntut pemasangan pipa yang baik untuk menjaga agar kebocoran pada sambungan yang diulir dan disolder tidak terjadi.

Gambar 3. 13 Lingkar Udara Utama

Pneumatic Control, Vogel-Buchverlag

Untuk kemudahan perawatan, perbaikan atau penambahan saluran udara tanpa mengganggu keseluruhan sistem jaringan, sebaiknya dibagi kedalam beberapa bagian yang dapat ditutup oleh katup “buka-tutup“. Pencabangan dengan “T “dan terminal saluran dengan penghubung, membuat peralatan pemakai mudah disambung kepadanya.

Gambar 3. 14 Lingkar Sambung Silang Utama

Pneumatic Control, Vogel-Buchverlag

Efisiensi Ekonomis Udara Bertekanan

Efisiensi sistem pneumatik sangat tergantung dari kebocoran-kebocoran yang terjadi pada pipa, sambungan-sambungan. Di bawah ini ditunjukkan kerugian udara dan kerugian energi akibat kebocoran.

Lubang Kebocoran (diameter)	**Kerugian Udara pada 6 bar**	**Energi yang dibutuhkan** kompresor	
mm	**m3/min**	**HP**	**kW**
1	0,06	0,4	0,3
3	0,6	4,2	3,1
5	1,6	11,2	8,3
10	6,3	44	33

Akibat kebocoran :

- Membayar kebocoran, meskipun hanya udara
- Sistem beroperasi tidak efisien
- Polusi suara akibat udara keluar.

3.4 Unit Pemeliharaan Udara (*Air Service Unit*)

Pada prinsipnya, udara bertekanan harus kering, bebas dari minyak. Untuk beberapa komponen udara berlubrikasi adalah merusak yang lain, tetapi untuk komponen daya, lubrikasi justru sangat diperlukan. Lubrikasi dari udara bertekanan, seharusnya dibatasi pada bagian tertentu, jika lubrikasi diperlukan. Untuk hal ini, diperlukan minyak khusus. Minyak yang terbawa udara dari kompresor tidak cocok bila digunakan untuk lubrikasi komponen sistem kontrol.

Masalah yang terjadi dengan lubrikasi (pelumasan) yang berlebihan adalah:

- Gangguan pada komponen yang terlubrikasi secara berlebihan.
- Polusi pada lingkungan.
- Pengaretan terjadi setelah komponen diam dalam waktu yang lama.
- Kesulitan di dalam pengaturan lubrikasi yang tepat.

Walaupun hal tersebut di atas adalah masalah, tetapi lubrikasi diperlukan pada hal-hal sebagai berikut:

- Gerakan bolak-balik yang sangat cepat
- Silinder diameter besar (125 mm ke atas), lubrikator seharusnya dipasang langsung dekat dengan silinder.

Lubrikasi yang tepat ditentukan oleh kebutuhan udara silinder. Lubrikator disetel pada aliran minimum sebelum memulai pemberian minyak. Bila lubrikator disetel terlalu besar, maka keadaan tersebut tidak efektif. Sedangkan penyetelan lubrikator yang terlalu kecil, dapat menyebabkan minyak cepat kering dalam perjalanan menuju ke silinder. Silinder dengan seal tahan panas tidak harus disuplai dengan udara bertekanan yang berlubrikasi. Karena lubrikasi khusus dalam silinder akan tercuci.

Unit Pemeliharaan Udara terdiri dari:

- Penyaring udara bertekanan (Filter)
- Pengatur tekanan udara (Pressure Regulator)
- Pelumas udara bertekanan (Lubrikator)

Kombinasi ukuran dan jenis yang benar dari elemen ini ditentukan oleh penerapan dan permintaan dari sistem kontrol. Unit pemelihara udara dipasang pada setiap jaringan kerja sistem kontrol untuk menjamin kualitas udara bagi tiap tugas sistem kontrol.

Unit Pemelihara Udara Bertekanan (Air Service Unit)

Gambar 3. 15 Unit Pemelihara Udara Bertekanan (Air Service Unit)

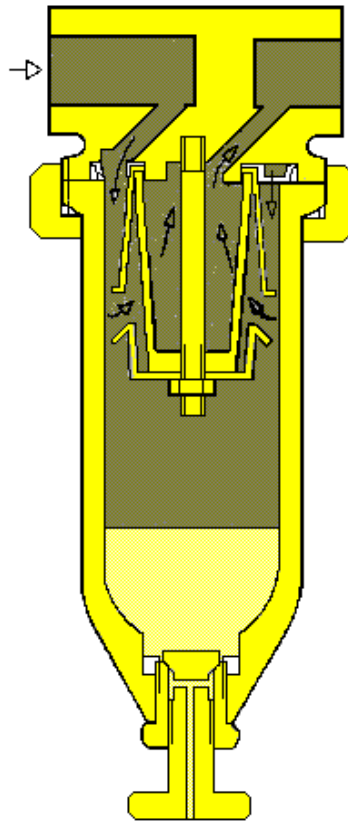
3.4.1 Filter Udara (Penyaring Udara)

Filter udara bertekanan mempunyai tugas memisahkan semua yang mencemari udara bertekanan yang mengalir melaluinya, sebagaimana juga memisahkan air yang telah terkondensasi. Udara bertekanan masuk kedalam mangkuk penyaring melalui lubang masukan. Tetes air dan butiran kotoran dipisahkan dari udara bertekanan dengan prinsip sentrifugal dan jatuh ke bagian bawah mangkuk penyaring. Kumpulan air yang ditampung oleh mangkuk penyaring harus dikeluarkan sebelum mencapai batas maksimum yang ditunjuk oleh mangkuk. Kalau tidak, air akan mengalir kembali bersama udara bertekanan ke dalam sistem.

Pemilihan filter yang benar memegang peranan yang sangat penting dalam pengadaan udara bertekanan yang bagus kualitasnya untuk sistem pneumatik. Parameter filter adalah ukuran porinya. Ukuran pori penyaring menunjukkan ukuran partikel-partikel minimum yang dapat disaring dari udara bertekanan.

Sebagai contoh :

- Elemen penyaring 5 micron, menyaring semua partikel yang berdiameter lebih besar dari 0,005 mm.

Dengan desain yang benar, filter udarapun dapat digunakan untuk memisahkan kondensasi dari udara bertekanan. Kondensasi yang terkumpul harus segera dibuang sebelum mencapai batas maksimum yang ditetapkan. Jika tidak, air kondensasi akan masuk kembali ke dalam aliran udara.

Gambar 3. 16 Filter udara (Penyaring Udara)

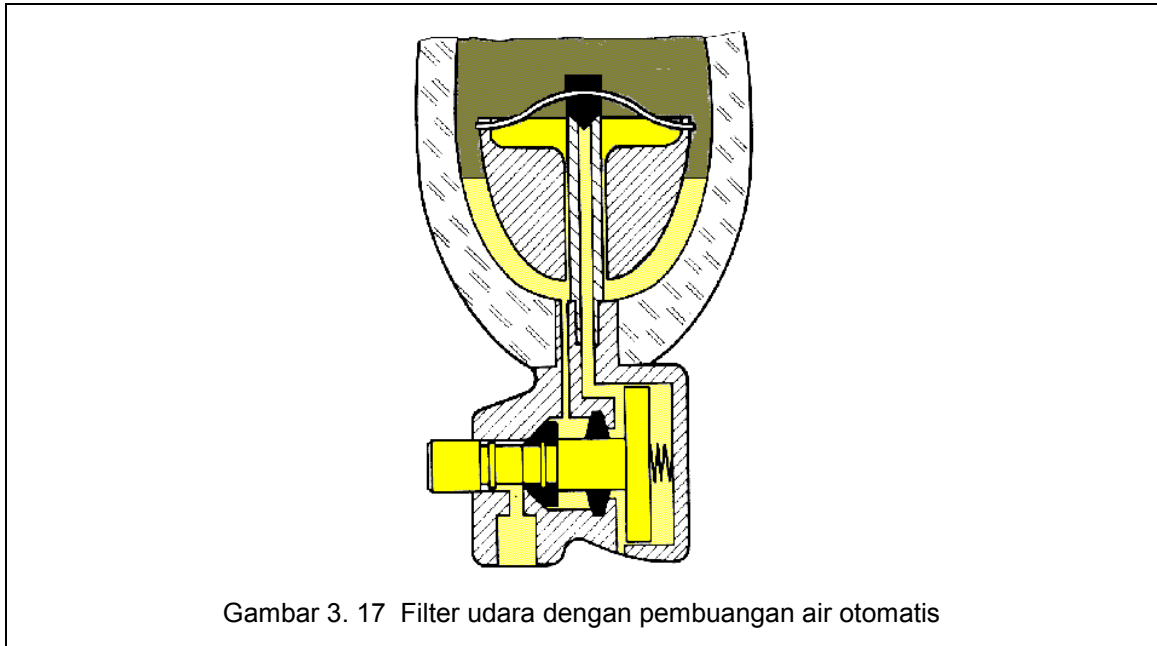
Bila kondensasi yang dihasilkan besar, sebaiknya dipasang pembuang air secara otomatis pada tempat kran pembuang manual. Pembuang otomatis menggunakan pelampung untuk menentukan batas kondensasi di dalam mangkuk dan bila batas tercapai, piston kontrol membuka kedudukan katup sehingga kondensasi keluar di bawah tekanan udara saluran.

Cara Kerja Filter Udara

Udara bertekanan masuk ke filter dari kiri ke kanan dan melalui piringan plat di dalam mangkuk filter. Piringan plat menyebabkan aliran udara berputar sehingga partikel debu yang berat dan butiran-butiran air dilempar oleh gaya sentrifugal ke dinding mangkuk filter. Setelah melalui pembersihan awal , udara dengan partikel kotoran yang lebih kecil lewat ke elemen filter untuk disaring. Tingkat penyaringan tergantung dari ukuran pori yang digunakan. Ukuran pori yang umum digunakan adalah antara 5 μm dan 40 μm.

Karakteristik yang penting dari filter udara adalah tingkat penyaringan atau efisiensi, yaitu yang menunjukkan prosentase partikel yang tersaring dari aliran udara. Filter 5 μm efisiensinya mencapai 99,99 %. Filter harus segera diganti setelah bekerja dalam waktu lama dan dengan pengotoran yang berat. Dalam kondisi tersebut terjadi penurunan tekanan yang menjadikan tingginya ketidakseimbangan dan filter menjadi energi pembuang.

Saat yang tepat mengganti elemen filter dengan jalan mengontrol atau mengukur perbedaan tekanan. Elemen filter seharusnya diganti atau dibersihkan, jika perbedaan tekanan mencapai 0,4 - 0,6 bar.

Gambar 3. 17 Filter udara dengan pembuangan air otomatis

Perawatan Filter

Perawatan filter tergantung dari keadaan udara dan jumlah komponen-komponen yang dipasang . Pekerjaan perawatan meliputi :

- Melepas atau membersihkan elemen filter,
- Pembuangan air kondensasi.

Jika melakukan pembersihan, spesifikasi dari pabrik pembuatnya harus diperhatikan terutama tentang bahan pembersih. Banyak bahan pembersih yang tidak cocok untuk mangkuk filter (misalnya trichloroethylene). Bahan tersebut akan menyebabkan retak atau getasnya mangkuk filter. Yang cocok adalah dengan menggunakan air sabun sedikit hangat dengan sikat yang sangat lunak agar tidak menggores. Elemen filter ditiup dengan arah yang berlawanan dengan arah aliran normal.

3.4.2 Pengatur Tekanan Udara

Kegunaan pengatur adalah untuk menjaga tekanan kerja (tekanan sekunder) relatif konstan meskipun tekanan udara turun naik pada saluran distribusi (saluran primer) dan bervariasinya pemakaian udara. Perubahan tekanan dalam sistem pipa dapat berdampak negatif pada sifat kontak katup, langkah silinder dan sifat waktu dari katup kontrol aliran dan katup memori.

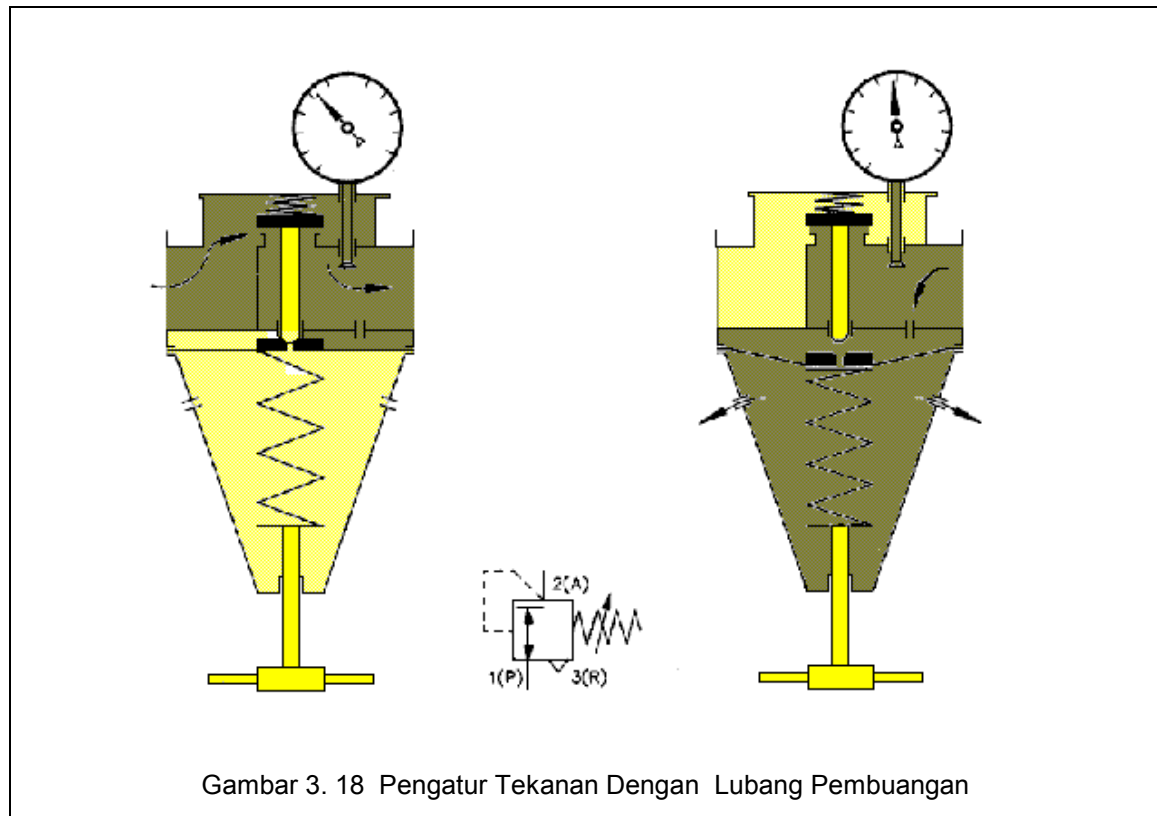
Tekanan konstan adalah prasyarat agar operasi kontrol pneumatik bebas dari kesalahan . Untuk mendapatkan yang konstan , pengatur tekanan dipasang sealiran dengan filter udara dan mempunyai kegiatan yaitu menjaga kestabilan tekanan tanpa memperhatikan fluktuasi tekanan atau pemakaian udara dalam sistem. Tekanan udara seharusnya disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing instalasi .

Tekanan pada sistem yang telah dibuktikan praktis secara ekonomi maupun teknis antara pengadaan udara bertekanan dan efisiensi komponen adalah :

- Enam bar pada bagian tenaga
- Empat bar pada bagian kontrol.

Tekanan yang terlalu tinggi membawa energi yang tidak efisien dan menambah pemakaian, sedangkan tekanan rendah membuat efisiensi rendah terutama pada bagian tenaga.

3.4.2.1 PengaturTekanan Dengan Lubang Pembuangan

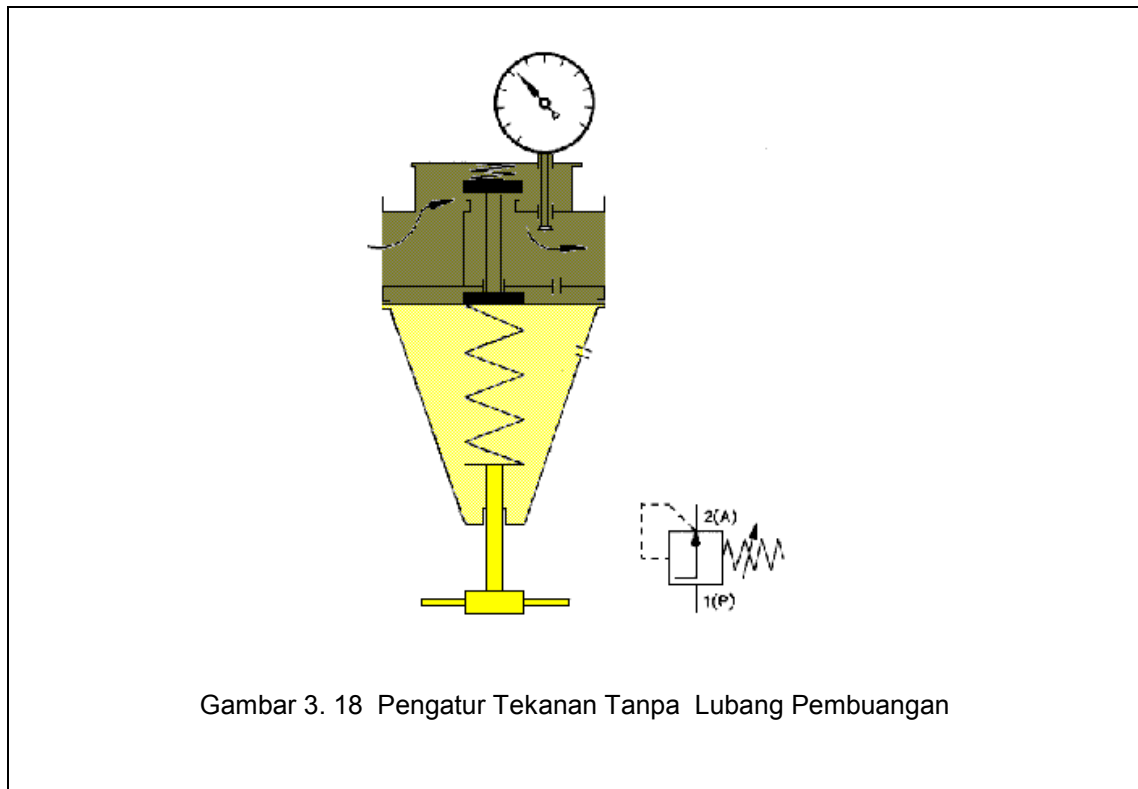
Gambar 3. 18 Pengatur Tekanan Dengan Lubang Pembuangan

Cara Kerja pengatur tekanan dengan lubang pembuangan sebagai berikut :

Tekanan masukan harus lebih tinggi daripada tekanan keluaran. Tekanan diatur oleh membran . Tekanan keluaran mengaktifkan satu sisi membran dan pegas mengaktifkan sisi yang lain. Gaya pegas dapat diatur oleh sekerup pengatur. Jika tekanan keluaran bertambah , membran bergerak melawan gaya pegas sehingga lubang keluaran pada dudukan katup akan mengecil atau menutup. Oleh karena itu, tekanan dapat diatur melalui volume udara yang lewat.

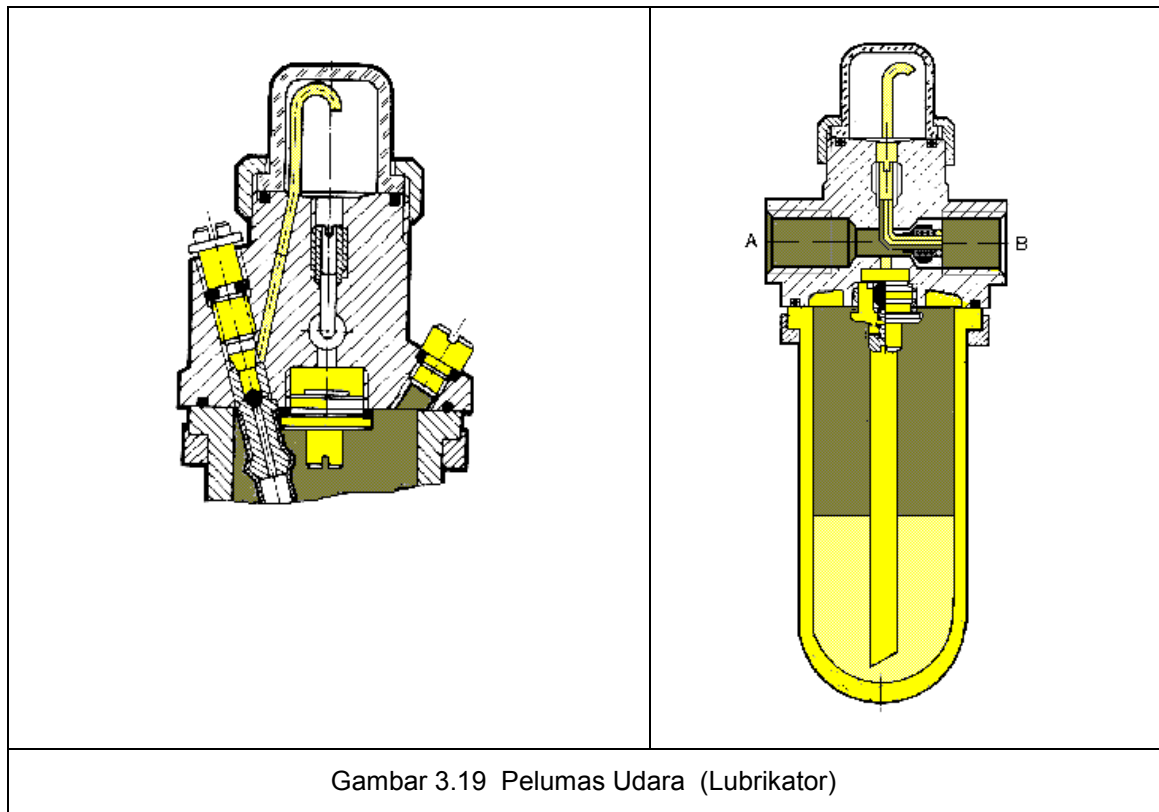
Jika kebutuhan udara meningkat, tekanan kerja turun dan gaya pegas membuka katup. Jadi pengaturan tekanan yang diinginkan adalah membuka dan menutupnya dudukan katup secara terus menerus. Untuk menjaga getaran, pegas pencekikan dipasang di atas piringan katup. Tekanan kerja ditunjukkan oleh manometer.

Bila tekanan pada sisi silinder naik tinggi sekali, misalnya selama perubahan beban silinder, maka membran ditekan melawan gaya pegas. Bagian tengah membran membuka dan udara bertekanan dapat mengalir keluar ke atmosfir melalui lubang-lubang pada rumahnya. Ini akan membebaskan tekanan udara pada sisi sekunder yang berlebihan.

3.4.2.2 Pengatur Tekanan Tanpa Lubang Pembuangan

Katup pengatur tekanan tanpa lubang adalah yang cocok secara komersial. Dengan katup ini tidak cocok untuk membuang udara bertekanan yang berlebihan yang disebabkan oleh beban yang tiba-tiba. Jika tidak ada udara yang keluar ke atmosfir maka tekanan naik dan menekan membran melawan pegas kompresi menggerakan batang katup ke bawah dan aliran udara tertutup . Udara dapat kembali mengalir bila udara pada sisi sekunder keluar. Bila tekanan bertambah , membran bergerak melawan gaya pegas dan menyebabkan lubang keluaran pada dudukan katup mengecil atau menutup. Oleh karena itu , tekanan diatur oleh volume udara yang lewat.

Gambar 3. 18 Pengatur Tekanan Tanpa Lubang Pembuangan

3.4.3 Pelumas Udara Bertekanan (Lubrikator)

Kegunaan alat ini untuk menyalurkan minyak berupa kabut dalam jumlah yang dapat diatur, lalu dialirkan ke sistem distribusi dari sistem kontrol dan komponen pneumatik yang membutuhkannya.

Gambar 3.19 Pelumas Udara (Lubrikator)

Udara bertekanan mengalir melalui pelumas, menyebabkan turunnya tekanan antara gelas minyak dan bagian atas (ruang tetes) dari pelumas. Perbedaan tekanan ini cukup untuk menekan minyak ke atas melalui saluran naik dan menetes masuk ke dalam pipa semprot yang dapat dilihat melalui pipa pengawas. Disini minyak dikabutkan dan diteruskan ke sistem.

3.4.3.1 Pemeriksaan Takaran Minyak

Sehelai karton dipegang pada jarak kurang lebih 20 cm dari lubang keluaran katup daya. Jika sistem dioperasikan dalam beberapa waktu , maka akan kita lihat warna kuning pada karton. Jatuhnya minyak adalah tanda bahwa pelumasan yang diberikan terlalu berlebihan. Dalam kejadian tersebut, pelumasan harus disetel kembali dengan jalan menyetel sekerup pengatur.

3.4.3.2 Pemeliharaan Pelumas

Beberapa tahun lalu , masih ada anggapan bahwa minyak hasil buangan dari kompresor dapat dipakai untuk melumasi elemen penggerak. Tetapi kemudian diketahui bahwa minyak itu bergerak atau menguap karena panas dari kompresor, jadi tidak cocok dipakai untuk bahan pelumas. Bahkan sebaliknya minyak itu berbahaya karena akan menggesek silinder dan katup yang tentu akan menurunkan kemampuan kerjanya secara drastis.

Masalah berikutnya dalam memelihara sistem yang digerakkan oleh udara yang berpelumas, adalah endapan minyak pada dinding pipa saluran bagian dalam. Endapan minyak ini tanpa terkontrol akan terisap ke dalam aliran udara dan dengan demikian mengotori saluran udara lebih parah lagi. Pembetulan instalasi yang tercemari seperti itu mahal sekali karena pipa yang terkotori oleh endapan minyak hanya dapat dibersihkan dengan cara membongkarnya.

Endapan minyak juga dapat menjadikan elemen-elemen melekat satu sama lain, terutama setelah masa berhenti lama. Setelah akhir pekan atau hari libur bisa terjadi bahwa elemen-elemen yang berminyak tidak bekerja lagi secara teratur. Oleh karena itu prinsipnya adalah

minyak dari kompresor harus dibuang atau udara bertekanan dari kompresor harus bebas minyak

Sebagai kesimpulan, butir-butir yang harus diperhatikan sehari-hari adalah :

- minyak kompresor jangan sampai masuk ke dalam ke dalam jaringan udara bertekanan (pasanglah pemisah minyak, *seperti pada gambar di bawah*),
- sebaiknya yang dipasang hanyalah elemen-elemen yang dapat digerakkan dengan udara bertekanan bebas minyak,
- sistem yang digerakkan dengan minyak , harus terus digerakkan minyak sebab pelumas asli dari elemen lambat laun akan habis.

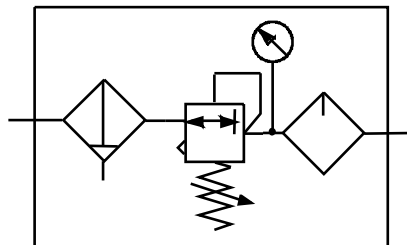
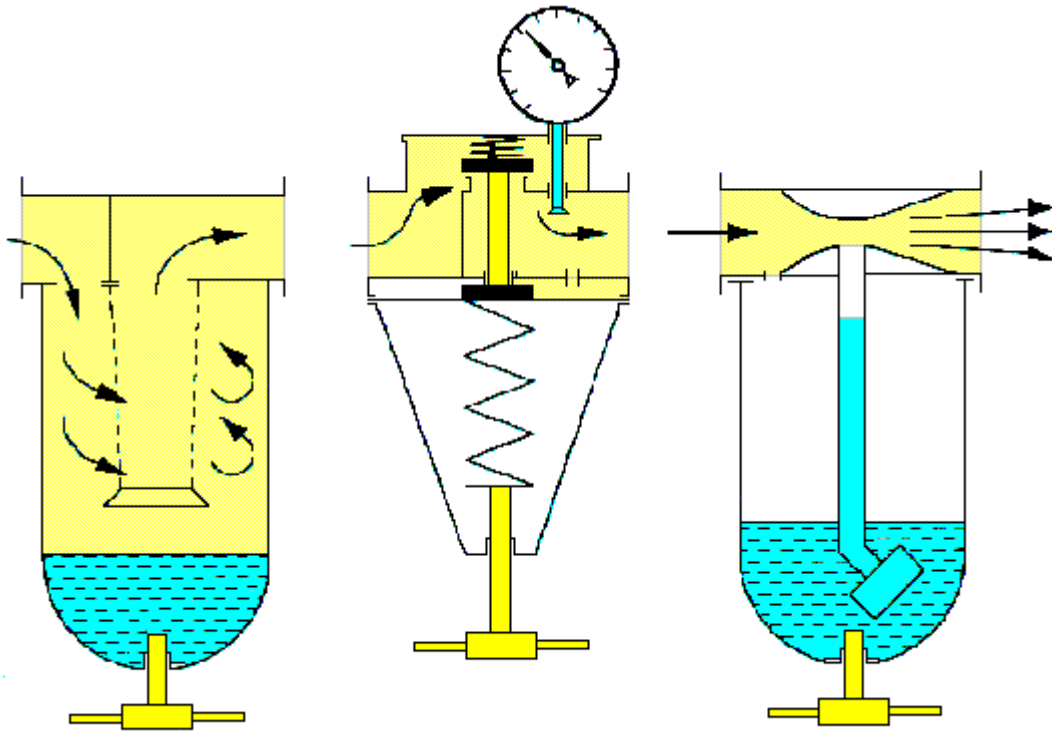
3.4.4 Unit Pemeliharaan Udara (*Air Service Unit*)

Unit pemeliharaan udara merupakan gabungan :

a. Filter udara

b. Pengatur tekanan udara dan manometer

c. Pelumas udara

Simbol unit pemeliharaan udara

Gambar 3.20Simbol Unit Pemeliharaan Udara

Gambar 3.21 Unit Pemelihara Udara

Berikut hal-hal yang harus diperhatikan dalam unit pemeliharaan udara :

- Besarnya unit pemeliharaan ditentukan oleh aliran udara (m^3/h). Harga aliran udara yang terlalu tinggi mengakibatkan susutnya tekanan dalam peralatan menjadi besar pula. Oleh sebab itu keterangan pabrik mutlak harus diperhatikan.
- Tekanan kerja jangan melampaui harga yang tercantum pada unit pemeliharaan. Suhu lingkungan tidak boleh lebih tinggi dari 50 C (nilai maksimal untuk mangkuk plastik)

Pekerjaan pemeliharaan berikut ini harus dilaksanakan secara teratur :

- Filter Udara

  Batas kondensat harus dikontrol secara teratur, sebab batas yang tampak pada kaca pemeriksa tidak boleh terlampaui. Kalau terlampaui mengakibatkan kondensat yang sudah terkumpul terisap lagi kedalam saluran udara. Kondensat yang terlalu banyak dapat dibuang melalui kran pembuangan di bawah mangkuk. Selanjutnya pelindung filterpun harus selalu dikontrol dan kalau perlu dibersihkan.

- Pengatur Tekanan:

  Tidak memerlukan pemeliharaan kecuali kalau filter dipasang di depan.

- Pelumas Udara :

  Penunjuk keadaan penuh harus dikontrol pada kaca periksa dan bila perlu ditambahkan minyak. Hanya minyak mineral yang boleh dipakai. Filter plastik dan mangkuk minyak tidak boleh dibersihkan dengan trikloretilin.

Tes Formatif

Kondisi Udara Bertekanan:

1. Mengapa udara bertekanan sistem pneumatik harus kering ?
2. Ada berapa cara untuk mendapatkan udara bebas minyak? Sebutkan!
3. Berapa kandungan air udara atmosfer pada : (lihat grafik titik peng-embunan)
   a. temperatur 25□C, kelembaban 80%,
   b. temperatur 30□C, kelembaban 60%,
   c. temperatur 40□C, kelembaban 60%,
   d. temperatur 50□C, kelembaban 50%,
4. Sebuah kompresor berdaya hisap 8 m^3/h memampatkan udara bebas (kelembaban relatif 60%, temperatur 30□C) ke dalam tabung 2 m^3/h pada tekanan absolut 7 bar. Setelah dimampatkan suhu udara dalam tabung 40□C. Berapa air kondensasi dalam tabung ?
5. Jelaskan cara kerja pengering sistem pendingin !
6. Jelaskan cara kerja pengering absorbsi !
7. Jelaskan cara kerja pengering absorpsi !

Tangki Udara:

8. Ada berapa macam fungsi tangki udara? Sebutkan!
9. Apa sajakah kriteria pemilihan tangki udara? Dan apa pula pelengkap yang harus diperhatikan?
10. Diketahui volume udara yang diperlukan (V) = 50 m^3/min., jumlah siklus kontak per jamnya (z) = 15, dan kerugian tekanan (□p) = 0.63 x 100 kPa. Hitunglah besar tangki penyimpanan (V_B).

Saluran Udara:

11. Sebutkan -syarat bahan pipa pneumatik yang baik !
12. Bagaimana cara pengambilan udara bertekanan dari saluran utama ?

Unit Pemeliharaan Udara:

13. Sebutkan bagian-bagian Unit Pemeliharaan Udara !
14. Apakah fungsi filter udara ?
15. Apakah fungsi pengatur tekanan udara ?
16. Apakah fungsi pelumas ?

Kunci Jawaban Tes Formatif

Kondisi Udara Bertekanan:

1. Mengapa udara bertekanan sistem pneumatik harus kering ?

   Jawab :

   Kandungan air dalam udara menyebabkan :

   - Korosi dalam pipa, katup, silinder, dan elemen-elemen lainnya. Ini akan menambah biaya pemakaian dan perawatan.
   - Mencuci pelumas asli pada elemen yang bergerak.
   - Mengganggu fungsi kontak dari katup
   - Mencemarkan dan merusak hal tertentu misalnya pada industri makanan, dan pengecatan.

2. Ada berapa cara untuk mendapatkan udara bebas minyak? Sebutkan!

   Jawab :

   Udara bertekanan tanpa pelumas dapat dicapai dengan cara :

   - memakai filter udara
   - menggunakan kompresor bebas minyak.

3. Berapa kandungan air udara atmosfer pada : (lihat grafik titik peng-embunan)

   Jawab :

   a. temperatur 25□C, kelembaban 80%, (jawab : 17,6 g / m^3)

   b. temperatur 30□C, kelembaban 60%, (jawab : 18,0 g / m^3)

   c. temperatur 40□C, kelembaban 60%, (jawab : 30,0 g / m^3)

   d. temperatur 50□C, kelembaban 50%, (jawab : 40,0 g / m^3)

4. Sebuah kompresor berdaya hisap 8 m^3/h memampatkan udara bebas (kelembaban relatif 60%, temperatur 30□C) ke dalam tabung 2 m^3/h pada tekanan absolut 7 bar. Setelah dimampatkan suhu udara dalam tabung 40□C. Berapa air kondensasi dalam tabung ?

   Jawab :

   Udara sebelum dimampatkan mengandung air :

   $$= 8\ m^3/h \times 30\ g/m^3 \times 60\% = 144\ g/h$$

   Udara dalam tabung setelah dimampatkan mengandung air :

   $$= 2\ m^3/h \times 50\ g/m^3 = 100\ g/h$$

   Jadi air yang jatuh dalam tabung sebesar :

= 144 g/h - 100 g/h = 44 g/h

5. Jelaskan cara kerja pengering sistem pendingin !

   Jawab :

   Mesin Pengering terdiri dari unit pendingin dan alat penukar panas (Heat Exchanger). Udara bertekanan yang hangat dari kompresor atau tangki didinginkan sampai titik pengembunan yang diinginkan. Udara bertekanan yang didinginkan kemudian disaring untuk menghilangkan partikel-partikel padat yang masih ada dan uap minyak yang terkandung dalam udara bertekanan. Pengering pendingin menghilangkan kira-kira 80 - 90 % minyak dari pelumas kompresor yang terkandung dalam udara bertekanan. Udara yang didinginkan tersebut kemudian diteruskan ke dalam alat penukar panas.

   Di dalam alat penukar panas udara hangat dan lembab (temperatur udara masuk boleh mencapai + 60C) masuk unit pendingin mengeluarkan sebagian panasnya dan didinginkan. Sebaliknya udara bertekanan dingin yang keluar unit pendingin dihangatkan kembali . Karena adanya alat penukar panas ini unit pendingin perlu menyuplai hanya 40 % dari kebutuhan energi total.

   Sistem kontrol tertutup dalam rangkaian pendingin menghasilkan titik pengembunan pada tekanan operasi yang konstan pada pengering pendingin tersebut

6. Jelaskan cara kerja pengering absorbsi !

   Jawab :

   Mesin Pengering Absorbsi terdiri dari 2 tangki yang sama yang saling terhubung dengan diisi elemen pengering . Elemen pengeringnya adalah bahan berupa butiran-butiran dengan bentuk tepi runcing atau bentuk manik-manik. Elemen pengering ini berisi hampir seluruhnya silikon dioksida.

   Tangki pertama digunakan untuk mengeringkan udara bertekanan yang melaluinya sedangkan tangki yang lain elemen pengering dibangkitkan kembali dengan menggunakan udara hangat atau dingin.

   Di dalam proses ini, udara bertekanan dialirkan melalui gel, dan air diserap pada permukaan; (adsorb adalah air diserap pada permukaan padat) sehingga udara yang keluar kering. Jika gel dalam satu tangki telah jenuh, maka aliran udara dipindah ke tangki kedua dan tangki pertama diregenerasi oleh pengering udara-panas.Temperatur terendah yang dapat dicapai sistem ini sampai -90C.

   Udara bertekanan yang masuk mesin ini mengandung minyak dan zat-zat lain yang dapat menyebabkan kontaminasi pada elemen pengering tersebut . Oleh karena itu elemen pengering harus diganti secara berkala tergantung tingkat kontaminasinya.

7. Jelaskan cara kerja pengering absorpsi !

   Jawab :

Pengering absorpsi adalah proses kimia murni. Embun di dalam udara bertekanan bersenyawa dengan elemen pengering di dalam tangki. Hal ini akan menyebabkan elemen pengering menjadi rusak. Persenyawaan ini akan masuk ke dalam dasar tangki.

Tangki Udara:

8. Ada berapa macam fungsi tangki udara? Sebutkan!

Jawab:

Tangki mempunyai fungsi sebagai berikut :

a. Untuk mendapatkan tekanan konstan pada sistem pneumatik, dengan tidak mengindahkan beban yang berfluktuasi

b. Penyimpan/ tandon udara sebagai “emergency suplay” bila sewaktu-waktu ada kegagalan kompresor, beban pemakaian yang tiba-tiba besar.

c. ruangan yang luas dari tangki akan mendinginkan udara. Oleh karena itu, penting pada tangki bagian bawah dipasang kran untuk membuang air kondensasi

9. Apa sajakah kriteria pemilihan tangki udara? Dan apa pula pelengkap yang harus diperhatikan?

Jawab:

Kriteria pemilihan ukuran tangki udara bertekanan :

a. Volume udara yang ditarik ke dalam kompresor

b. Pemakaian udara konsumen

c. Ukuran saluran

d. Jenis dari pengaturan siklus kerja kompresor

e. Penurunan tekanan yang diperkenankan dari jaringan saluran.

Hal lain yang harus diperhatikan dalam pemilihan tangki udara adalah adanya :

a. Penunjuk tekanan (manometer)
b. Penunjuk temperatur (termometer)
c. Katup relief
d. Pembuangan air
e. Pintu masuk (untuk tangki yang besar)

10. Diketahui volume udara yang diperlukan (V) = 50 m^3/min., jumlah siklus kontak per jamnya (z) = 15, dan kerugian tekanan (Δp) = 0.63 x 100 kPa. Hitunglah besar tangki penyimpanan (V_B).

Jawab:

- lihat grafik hal. 50.
- Dengan memotongkan skala V=50 m^3/min, □p=0.63 x 100 kPa, dan z=15, maka diperoleh (V_B) = □ 85 m^3

Saluran Udara:

11. Sebutkan -syarat bahan pipa pneumatik yang baik !

Jawab :

Pipa tersebut harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

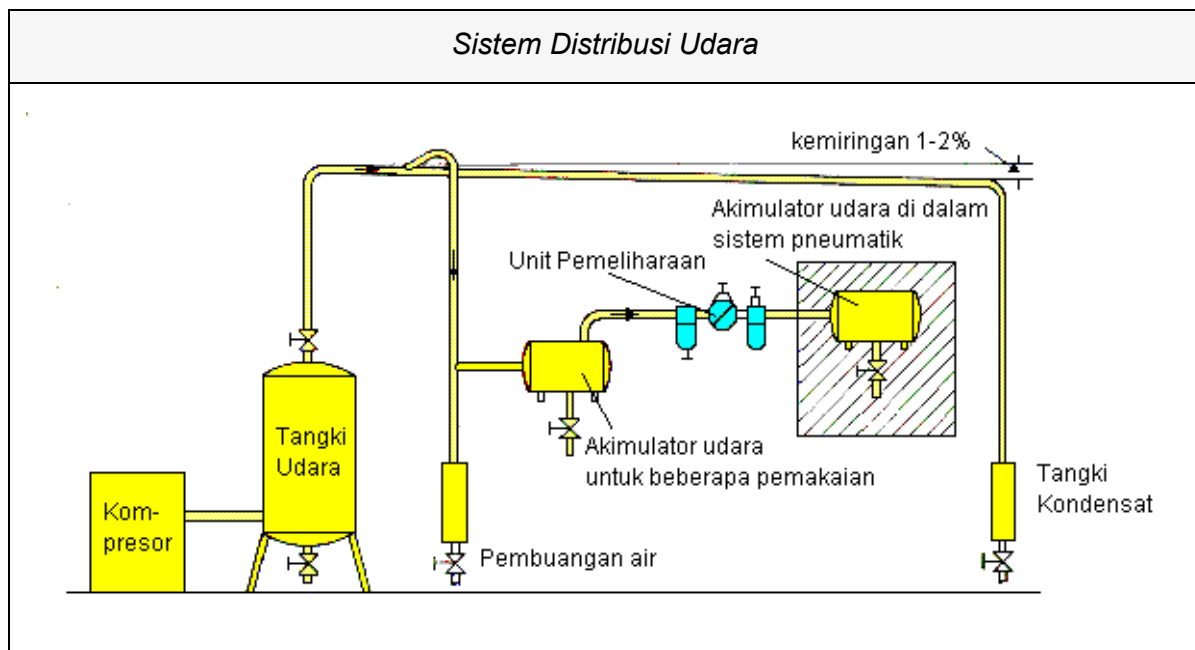
- kerugian tekanan rendah
- bebas kebocoran
- tahan karat
- mempunyai kemampuan pemuaian.

Di dalam pemilihan bahan pipa yang sesuai, pertimbangannya tidak hanya harga permeternya , tetapi juga faktor-faktor utama yang lain, biaya instalasinya.

12. Bagaimana cara pengambilan udara bertekanan dari saluran utama ?

Jawab :

Gambar di bawah menunjukkan sistem distribusi udara :

Sistem Distribusi Udara

Unit Pemeliharaan Udara:

13. Sebutkan bagian-bagian Unit Pemeliharaan Udara !

Jawab :

Filter, Pengatur Tekanan Udara dan Pelumas.

14. Apakah fungsi filter udara ?

Jawab :

- Memisahkan Semua Yang Mencemari Udara Yang Melaluinya (Kotoran Pipa, Debu),
- Memisahkan air yang telah terkondensasi.

15. Apakah fungsi pengatur tekanan udara ?

Jawab :

Menjaga tekanan kerja (tekanan sekunder) relatif konstan, meskipun tekanan udara pada saluran primer naik turun.

16. Apakah fungsi pelumas ?

Jawab :

Untuk menyalurkan minyak (berupa kabut) dalam jumlah yang dapat diatur ke dalam sistem kontrol dan komponen pneumatik yang membutuhkannya.

UMPAN BALIK

BAB III
EVALUASI

Penilaian atau evaluasi untuk mengukur tingkat kompetensi siswa harus dilakukan secara menyeluruh dan menyangkut berbagai macam aspek. Diharapkan setiap siswa bisa melakukan penilaian secara mandiri (*self assessment*) baik pada tataran atau ranah sikap (*attitude skills*), pengetahuan (*kognitive skills*), maupun pada ranah ketrampilan (*psikomotorik skills*).

A. ATTITUDE SKILLS

Dari aspek sikap, maka penilaian diharapkan bisa mengungkap sekaligus mengukur hal-hal yang berkaitan dengan karakter atau sikap kepribadian Siswa.

Instrumen penilaian attitude skills adalah seperti berikut:

INSTRUMEN PENILAIAN SIKAP

(ATTITUDE SKILLS)

Nama Siswa : .... **Kelas : ....**

Petunjuk Pengisian :

1. Pada lembar penilaian ini terdapat 10 komponen yg anda nilai secara jujur. Pertimbangkan baik-baik setiap pernyataan. Berilah jawaban yang benar-benar cocok dengan kondisi anda selama satu semester ini dengan memberikan angka
2. Keterangan Pilihan jawaban : angka semakin besar menunjukan semakin BAIK

Angka	1	2	3	4	5
Arti	Amat Kurang	Kurang	Cukup	Baik	Amat Baik

No	KOMPONEN	PERNYATAAN	Menurut Anda	Menurut Guru Ybs.	Setelah direvisi
01.	Kedisiplinan	Kepatuhan terhadap tata tertib sekolah			
		Ketepatan masuk kelas			
		Keikutsertaan dalam kegiatan yg diwajibkan			
		Ketepatan saat pulang sekolah			
02.	Kebersihan	Membuang sampah pada tempatnya			
		Mencuci tangan sebelum makan			
		Membersihkan tempat kegiatan			
		Merawat kebersihan diri			
03.	Kesehatan	Tidak merokok dan minuman keras			
		Tidak menggunakan narkoba			
		Kebiasaan hidup sehat melalui aktivitas jasmani			
		Kebugaran penampilan tubuh			
04.	Tanggung jawab	Tidak menghindari kewajiban			
		Menyelesaikan tugas tepat pada waktunya			
		Memelihara fasilitas sekolah			
		Keberanian menanggung risiko			
05.	Sopan santun	Menerima nasehat guru			
		Sopan dlm berbicara dan hormat pada orang lain			
		Sopan dalam berpakaian			
		Sopan dalam posisi duduk			
06.	Percaya diri	Keberanian menyatakan pendapat			
		Keberanian bertanya			
		Keberanian menegur dengan santun			

No	KOMPONEN	PERNYATAAN	Menurut Anda	Menurut Guru Ybs.	Setelah direvisi
		Keberanian mengritisi tentang sesuatu hal			
07.	Kompetitif	Berani bersaing			
		Menunjukan semangat berprestasi			
		Memiliki keinginan untuk tahu dan ingin lebih maju			
		Tegar dalam menghadapi kesulitan			
08.	Hubungan sosial	Menjalin hubungan baik dengan guru			
		Menjalin hubungan baik dgn sesama teman			
		Kemauan menolong teman			
		Kemauan bekerjasama dlm kegiatan yang positif			
09.	Kejujuran	Menyampaikan pesan apa adanya			
		Sportifitas			
		Tidak berlaku curang			
		Tidak menyontek dalam ujian			
10.	Pelaksanaan ibadah ritual	Melaksanakan sembahyang			
		Menunaikan Ibadah puasa			
		Berdoa			
		Keikutsertaan dalam kegiatan keagamaan			

B. KOGNITIF SKILLS

INSTRUMEN TES KOGNITIF SKILLS

Program Keahlian : Teknik Pesawat Udara

Paket Keahlian : Airframe Mechanic

Mata Pelajaran : Aircraft Hydraulic & Pneumatic System

WAKTU

TES TEORI : 120 menit

TES PRAKTIK : 200 menit

A. Jawablah soal- soal berikut dengan memberi tanda silang (x) pada alternatif jawaban yang Anda anggap paling benar !

1. *Output*/keluaran dari sistem hidraulik ditunjukkan oleh ....

   a. pompa hidraulik
   b. *konduktor*
   c. *actuator*
   d. *accumulator*

2. Yang menghanyutkan *kontaminan* dari seluruh sirkuit hidraulik adalah ....

   a. *filter*
   b. *strainer*
   c. cairan hidraulik
   d. katup-katup

3. Gerak silinder maju mundur atau gerak motor hidraulik putar kanan atau putar kiri diatur oleh ....

   a. *pressure controll valve*
   b. *directional controll valve*
   c. *flow control valve*
   d. *relief valve*

4. Kecepatan gerak actuator diatur oleh ....

   a. *flow control valve*
   b. chek valve

c. *directional controll valve*
d. *filter*

5. Berikut ini berfungsi untuk memisahkan kontaminant dari oli ....

a. *bufle plate*
b. *pressure gauge*
c. pompa
d. *filter*

6. Untuk meningkatkan besar tekanan kerja hidraulik tanpa mengubah seting digunakan

a. *pressure regulator*
b. *relief value*
c. *sequence value*
d. *pressure intensifer*

7. Berikut ini adalah satuan vikskositas oli kecuali

a. *Saybolt Unit* (*SB*)
b. Derajat engler (^{0}E)
c. Derajat Kelvin (^{0}K)
d. Centi Stoke (cST)

8. Untuk mengukur besar viskositas suatu cairan digunakan alat berikut ini

a. *ball viscometer*
b. *firo meter*
c. *mano meter*
d. *higro meter*

9. Penunjukkan tekanan pada pressure gauge adalah 290 Psi. Tekanan tersebut berarti

a. 200 kPa
b. 20 kg/cm2
c. 20 bar
d. 1520 cmHg

10. Tekanan operasional cairan hidraulik di dalam sirkuit hidraulik diatur batas maksimumnya oleh

a. *sequnce valve*
b. *reliev valve*
c. *pressure regulating valve*
d. *reducing valve*

11. *Pressure line filter* dipasang pada

a. saluran hisap
b. saluran tekan
c. saluran balik
d. saluran pemandu

12. Untuk mengatur tekanan guna mengoperasikan actuator berikutnya, digunakan katup pengatur tekanan jenis

a. *relief valve*
b. *pressure sequnce valve*
c. *pressure reducing valve*
d. *unloading relief valve*

13. Berikut ini termasuk single acting cylinder, kecuali

a. *differential cylinder*
b. *telescopic acting load returns the piston*
c. *single acting returns the ram*
d. *single acting load returns the piston*

14. Dalam penyusunan diagram sirkuit hidraulik, nomor kode berikut menunjukkan nomor kode untuk *actuator*

a. 1.0.2.0.3.0
b. 1.1.1.1.3.1
c. 1.2:1.3:2.2.2.3.3.2.3.3.
d. 0.1:0.2:0.3:

15. Untuk mengatur tekanan guna mengoperasikan actuator berikutnya, digunakan katup pengatur tekanan jenis

a. *relief valve*
b. *pressure sequnce valve*
c. *pressure reducing valve*
d. *unloading relief valve*

16. Berikut ini termasuk kegiatan pemeliharaan berkala kecuali

a. memeriksa dan menyetel kembali baut/mur yang kendor
b. menyetel bagian-bagian yang sliding
c. meluruskan poros yang bengkok karena beban lebih
d. mengganti cairan hidraulik

17. Katup-katup hidraulik adalah konstruksi yang presisi. Maka oli yang masuk harus sangat bersih, oleh karena itu pada saluran yang masuk ke katup perlu dipasang

a. *strainer*
b. *filter*
c. *fine filter*
d. *course filter*

18. Salah satu tanda adanya kerusakan pada mesin adalah

a. Timbulnya getaran yang berlebihan
b. Adanya kelebihan beban
c. Suara mesin yang nyaring
d. Mesin bergerak cepat

19. Kegiatan pemeliharaan untuk mencegah laju kerusakan disebut

a. *Preventif maintenance*
b. *Corectif maintenance*
c. *Predictive maintenance*
d. *Emergency maintenance*

20. Berikut ini termasuk kegiatan rutin *maintenance* kecuali

a. pencegahan beban lebih
b. pelumasan
c. penggantian oli
d. menjaga kebersihan mesin dan lingkungan

21. Mempersiapkan alat dan bahan pemeliharaan termasuk kegiatan

a. Pemeliharaan harian
b. Pra pemeliharaan
c. Pemeliharaan berkala
d. Pemeliharaan prediktif

22. Kegiatan pemeliharaan yang memperkirakan umur suatu komponen disebut

a. *Periodic maintenance*
b. *Predictive maintenance*
c. *Shut down maintenance*
d. *Running maintenance*

23. Mediagnosa kerusakan berarti

a. Memperbaiki kerusakan
b. Menambah kerusakan
c. Mencari atau menemukan kerusakan
d. Menganalisis kerusakan

24. Kerusakan pada suatu mesin dapat terjadi disebabkan oleh

a. pembebanan
b. pendinginan
c. pengoprasian yang rutin
d. pelumasan yang tidak sempurna

25. Kebocoran pada sirkuit hidraulik biasa terjadi pada

a. bodi silinder hidraulik
b. selang hidraulik
c. pada sambungan pompa
d. tangki hidraulik

26. Pompa tidak memompa (tidak mengalirkan oli) karena hal-hal berikut

a. Pompa terlalu kecil
b. Jarak antara pompa dan aktuator terlalu jauh
c. Putaran pompa terbalik

d. Filter oli tidak dipasang pada saluran hisap

27 Berikut ini termasuk yang dikatakan internal leakage (kebocoran dalam)

a. Kebocoran antara piston dan tabung silinder hidraulik
b. Kebocoran pada konektor
c. Kebocoran tangki hidraulik
d. Kebocoran pada gasket motor hidraulik

28. Memisahkan mesin/pesawat yang akan di *overhaul* dari mesin-mesin/pesawat yang lain menuju bengkel *overhaul* disebut

a. lokalisasi
b. labelisasi
c. eleminasi
d. partisi

29. Safe working load suatu selang adalah 6000 psi, bila angka keamanan 4 maka burst pressure (tekanan pecah) adalah

a. 1500 psi.
b. 4000 psi.
c. 8000 psi
d. 16000 psi

30. Dalam perhitungan jumlah oli yang melewati selang diameter yang diperhitungkan adalah

a. diameter luar
b. diameter dalam
c. diameter tengah
d. jumlah diameter

B. Jawablah soal-soal berikut ini dengan memberikan isian pada titik – titik yang ada

1. Keuntungan penggunaan cairan hidraulik dengan viskositas rendah antara lain ………………………………………………………………………………………………………

2. Setelah diagnosa kerusakan dilakukan, maka komponen yang diperkirakan rusak kemudian dibongkar (*desmantling*), diperiksa dibagian mana yang rusak dan apa jenis kerusakannya. Kegiatan ini disebut ……………………….

3. Dalam perencanaan perbaikan berikut ini perlu dilakukan (direncanakan)

a. ……………………………………………………
b. ……………………………………………………
c. …………………………………………………….

4. Perbaikan menyeluruh kerusakan yang diakibatkan oleh keausan karena lamanya pemakaian disebut ………………………………..……….

5. Dalam melaksanakan perbaikan suatu mesin/pesawat, di samping memerlukan tenaga ahli juga memerlukan …………………………………

6. Hal-hal berikut ini menyebabkan terjadinya kerusakan/keausan pada komponen – komponen yang bergerak:

   a)…………………………………………………….

   b)…………………………………………………….

   c)…………………………………………………….

7. *Overheating* (peningkatan suhu yang berlebihan) pada sistem hidraulik disebabkan oleh:

   a)……………………………………………………

   b)……………………………………………………

   c)……………………………………………………

8. Apabila terjadi kebocoran dalam (*internal leakage*) pada *relief valve* maka oli secara tidak sengaja akan terlepas ke tangki, dengan demikian tekanan operasional oli akan ……………………………………….………..

9. Kecepatan gerak aktuator terlalu lamban salah satu penyebabnya ialah karena viskositas oli ………………………………….……………………

10. Yang berikut ini termasuk bagian-bagian dari tangki hidraulik:

   a)……………………………………………..

   b)……………………………………………..

   c)……………………………………………

11. Orang yang bekerja di bengkel hidraulik perlu mengenakan alat-alat keselamatan kerja seperti:

   a)……………………………………………

   b)……………………………………………..

   c)……………………………………………

12. Sikap cermat dan hati-hati dalam melaksanakan bongkar pasang dan perbaikan komponen sangat diperlukan untuk menghindarkan kehilangan komponen, kekeliruan pasang, kelambatan pasang karena komponen bercampur baur dan sebagainya. Sikap tersebut antara lain:

    a)………………………………………………

    b)……………………………………………..

    c)………………………………………………

13. Penilaian / pengujian hasil perbaiakan yang selalu dilakukan setelah selesainya perbaikan atau *overhaul* suatu mesin adalah

    a)………………………………………………

    b)……………………………………………..

    c)………………………………………………

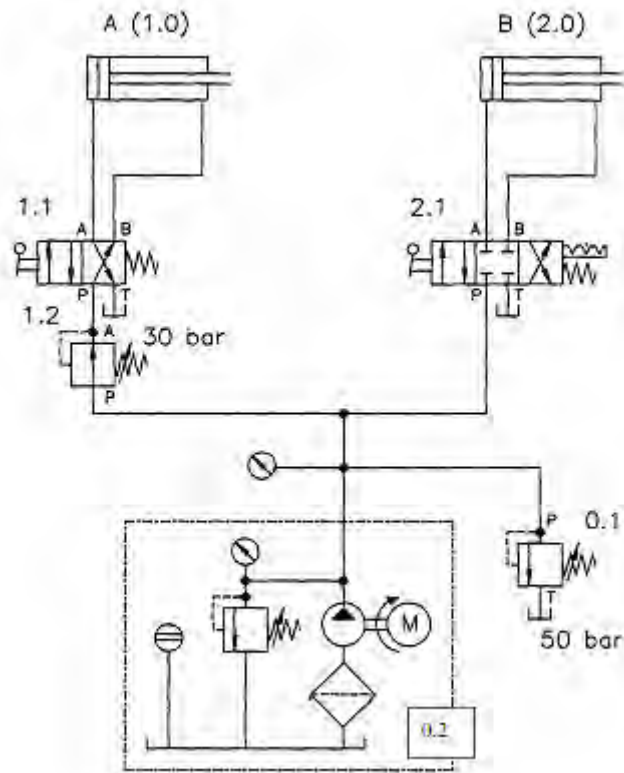
14. Perangkat administrasi pemeliharaan yang perlu diperbaharui setelah recommisioning hasil *overhaul* adalah ……………………………………..…

15. Verifikasi hasil *overhaul* pada prosedur recommisioning perlu dilakukan. Yang dimaksud verifikasi adalah …………………………………….……….

C. Kerjakanlah soal berikut sesuai dengan perintahnya!

Perhatikanlah diagram sirkuit hidraulik berikut ini, kemudian :

a) Sebutkan nama-nama komponen yang digunakan pada sirkuit!

b) Jelaskan dengan singkat cara kerjanya!

C. KUNCI JAWABAN KOGNITIF SKILLS

A. Multiple choice

1. a b **c** d
2. a b **c** d
3. a **b** c d
4. **a** b c d
5. a b c **d**
6. a b c **d**
7. a b **c** d
8. **a** b c d
9. a b **c** d
10. a **b** c d

11. a **b** c d
12. a **b** c d
13. **a** b c d
14. **a** b c d

15. a b **c** d
16. a b **c** d
17. a b **c** d
18. **a** b c d
19. **a** b c d
20. a b **c** d

21. a **b** c d
22. a **b** c d
23. a b **c** d
24. a b c **d**
25. a b **c** d
26. a b **c** d
27. **a** b c d
28. a b **c** d
29. **a** b c d
30. a **b** c d

B. Short answers essay

1. transfer tenaga lebih cepat.

2. analisis kerusakan.

3. a). biaya perbaikan b). tenaga ahli c). tempat / bengkel d). jadwal

4. *overhaul*.

5. peralatan perbaikan yang memadai.

6. a). kurang pelumasan, b).kotoran yang menggesek, c).misalignment,

7. a). gesekan b). oli terlalu kental, c). tekanan terlalu tinggi, d). kebocoran

8. turun/rendah.

9. terlalu tinggi.
10. a) bufleplate, b) sight glass, c) lubang servis, d) saluran pengisi
11. a) safety shoes, b) pakaian kerja, c) kaca mata, d) helmet
12. a) komponen yang habis dibongkar ditata rapi berurutan, b) memberi label, c) memisahkan dari komponen mesin yang lain
13. a) uji tampak, b) uji fungsi, c) uji coba (pembebanan), d) geometri
14. kartu mesin sebagai maintenance record.
15. Pengetesan kembali hasil perbaikan/*overhaul* yang dilaksanakan di tempat di mana mesin akan digunakan seperti halnya pengujian sewaktu selesai perbaikan di bengkel perbaikan.

C. Essay.

a. Nama-nama komponen hidraulik

A (1.0) dan B (2.0) = Silinder hidraulik kerja ganda

1.1 = Katup pengarah 4/2 penggerak manual pembalik pegas

1.2 = Pressure reducing valve

2.1 = Katup pengarah 4/3 penggerak manual pembalik pegas dengan detent.

0.1 = Relief valve

0.2 = Unit tenaga

b. Cara kerja sirkuit hydraulic

Apabila motor penggerak dihidupkan pompa hydraulic aktif dan meng-alirkan oli keseluruh sirkuit dengan tekanan 50 bar. Untuk silinder a tekanan diturunkan oleh katup 1. 2 menjadi 30 bar.

Apabila katup 1.1 dioperasikan maka silinder a bergerak maju dan apa-bila liver dilepas posisi katup kembali semula oleh pegas maka oli akan mengalir dari V ke B untuk mendorong piston mundur.

Apabila katup 2.1 dioperasikan ke kiri kemudian dikunci maka silinder B akan bergerak maju dengan tekanan 50 bar.

Apabila katup 2.1 dioperasikan ke kanan kemudian dikunci maka silin-der B akan bergerak mundur.

Apabila posisi katup 2.1 ditengah silinder B tidak Bekerja.

C. PSIKOMOTORIK SKILLS

INSTRUMEN TES PRAKTIK (*PERFOMANCE TEST*)

Waktu Tes Praktik : 200 menit

Laksanakan perbaikan komponen dan/atau servis komponen berikut ini dengan melakukan bongkar pasang dan pengujian kembali hasil bongkar pasang!

Catatan :Test praktik dapat disesuaikan dengan keadaan bengkel masing-masing.

Komponen yang digunakan sebagai sample tes praktik:

1. Bongkar pasang pompa hidraulik.
2. Servis tangki hidraulik dan filter.

Untuk melaksanakan penilaian praktik (*psikomotorik skills*) digunakan lembar penilaian berikut:

LEMBAR PENILAIAN TES PRAKTIK (KETERAMPILAN)

Program Keahlian : Teknik Pesawat Udara

Paket Keahlian : Airframe Mechanic (022)
(Aircraft Hydraulic & Pneumatic System)

Mata Ujian Praktik : Bongkar-pasang (*Overhaul*) Pompa

No.	Aspek yang dinilai	Aspek Kritis	Hasil yang dicapai	
			Ya	Tidak
1.	Persiapan • Alat bongkar pasang • Bahan			
2.	Langkah bongkar (desmantling) • Urutan membongkar • Membersihkan komponen • Meletakkan komponen	 ....K.........		
3.	Pemeriksaan kerusakan • Ketepatan memeriksa • Ketepatan penyimpulan	 ....K......... ....K.........		
4.	Perbaikan/penggantian • Ketepatan pemilihan komponen • Kebenaran menu;lis spesifikasi	 ....K......... ....K.........		
5.	Perakitan kembali • Urutan merakit komponen • Kebenaran memasang • Pemeriksaan rakitan	 ....K......... ....K......... ....K.........		
6.	Pengujian hasil perbaikan • Uji fisik/ uji tampak • Uji fungsi • Uji coba dengan beban	 ....K......... ....K.........		
7.	Penggunaan alat dan bahan • Ketepatan penggunaan alat • Ketepatan penggunaan bahan • Metoda penggunaan alat • Kehematan penggunan bahan	 ....K......... ....K......... ....K.........		

No.	Aspek yang dinilai	Aspek Kritis	Hasil yang dicapai	
			Ya	Tidak
8.	Sikap kerja • Menggunakan alat keselamatan kerja • Bekerja dengan aman • Memelihara alat-alat kerja • Menjaga lingkungan bersih, tertib, aman, dan sehat	 ....K......... ....K.........		

Catatan :

Aspek kritis harus lulus (ya), total pencapaian minimum 75%

LEMBAR PENILAIAN KETERAMPILAN

Program Keahlian : **Konstruksi Rangka Pesawat Udara**

Mata Ujian Praktik : **Servis Tangki Hidraulik dan Filter**

No.	Aspek yang dinilai	Aspek Kritis	Hasil yang dicapai	
			Ya	Tidak
1.	Persiapan • Alat bongkar pasang • Bahan			
2.	Langkah bongkar (desmantling) • Urutan membongkar • Membersihkan komponen • Meletakkan komponen	 ....K.........		
3.	Pemeriksaan kerusakan • Ketepatan memeriksa • Ketepatan penyimpulan	 ....K......... ....K.........		
4.	Perbaikan/penggantian • Ketepatan pemilihan komponen • Kebenaran menulis spesifikasi	 ....K......... ....K.........		
5.	Perakitan kembali • Urutan merakit komponen • Kebenaran memasang • Pemeriksaan rakitan	 ....K......... ....K......... ....K.........		
6.	Pengujian hasil perbaikan • Uji fisik/ uji tampak • Uji fungsi • Uji coba dengan beban	 ....K......... ....K.........		
7.	Penggunaan alat dan bahan • Ketepatan penggunaan alat • Ketepatan penggunaan bahan • Metoda penggunaan alat • Kehematan penggunan bahan	 ....K......... ....K......... ....K.........		
8.	Sikap kerja • Menggunakan alat keselamatan kerja • Bekerja dengan aman	 ....K......... ....K.........		

No.	Aspek yang dinilai	Aspek Kritis	Hasil yang dicapai	
			Ya	Tidak
	• Memelihara alat-alat kerja • Menjaga lingkungan bersih, tertib, aman, dan sehat	....		

Catatan :

Aspek kritis harus lulus (ya), total pencapaian minimum 75%

PENUTUP

Perlu ditekankan sekali lagi bahwa pekerjaan yang dilakukan dibidang *maintenance & repair* pesawat udara harus mengikuti *SOP* (*Standard Operating Prosedure*) dan mutlak harus merujuk pada manual yang dikeluarkan oleh fabrikan yang umumnya menyertai produk yang dikeluarkan sebagai komponen atau sub komponen pesawat.

Demikian juga untuk pemeliharaan dan perbaikan komponen hidraulik maupun pneumatik yang digunakan pada pesawat udara harus selalu mengikuti pedoman tertulis yang ada pada manual pemeliharaan dan perbaikan pesawat udara yang bersangkutan.

Dengan telah selesainya mempelajari buku teks bahan ajar ini diharapkan siswa telah memiliki keterampilan dan pengetahuan dasar yang cukup memadai dalam menangani pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan sistem hidraulik maupun pneumatik pada pesawat udara, selanjutnya mudah mangadaptasi diri terhadap setiap perubahan yang terjadi di bidang industri pesawat udara. Dengan demikian diharapkan siswa bisa menjadi seorang mekanik atau teknisi yang kompeten dan memiliki daya saing tinggi dan mudah menyesuaikan diri terhadap dinamika perkembangan dan inovasi di industri penerbangan.

Sikap profesional diharapkan juga menjadi budaya kerja bagi setiap siswa yang telah mempelajari buku teks bahan ajar ini dengan senantiasa mengaplikasikan konsep *what, why, when, where*, dan *how* dalam menangani pekerjaan dan kehidupan profesinya sehari-hari.

Semoga setiap siswa yang mempelajari secara tuntas buku ini, bisa menjadi seorang teknisi atau mekanik di bidang perawatan dan perbaikan hidraulik dan pneumatik khususnya di bidang perawatan dan perbaikan sistem hidraulik dan pneumatik pada pesawat udara. Amien.

DAFTAR PUSTAKA

Andrew Parr MSc, 2003, *Hidrolika dan Pneumatika Pedoman untuk Teknisi dan Insinyur*,Jakarta, Erlangga

A Schmitt, 1980, *Hydraulik Trainer*,Jakarta , G.L. Rexroth GmbH, Lohr am Main,PT Rexroth Wijayakusuma.

Club66pro.com, 2010 , *EASA PART 66*, www.airtechbooks.com

D. Markk, B. Scharader, M. Thomes, 1990, *Hydraulics (Basic Level TP 501).* Festo Didactic, Esslingen.

Hadi Soewito Drs, 1992, *Pelumas dan Pelumasan*, Bandung, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, PPPG Teknologi, Bandung, Indonesia.

H. Meixner/R.Kobler, 1988, *Maintenance of Pneumatic Equipment and System*, Esslingen, Festo Didactic.

J.P. Hasenbuik, R. Kobler, 1989, *Fundamentals of Pneumatic Control Engineering*, Esslingen, Festo Didactic.

P. Crosser, 1989, *Pneumatic Text Book (Basic Level)*, Esslingen, Festo Didactic

P. Crosser, I. Thomson, 1991, *Electro Hydraulic Text Book*, Esslingen, Festo Didactic

Peter Patrient, Roy Pickup, Normal Powel, 1985, *Pengantar Ilmu Teknik Pneumatika*, Jakarta , PT Gramedia.

Peter Rokner, 1984, *Industrial Hydraulic Control*, Melbourne, ----------.

Sperry Vickers, ----------, *Industrial Hydroulic Manual*,----------, ----------

Sugihartono, Drs., 1988, *Sistem Kontrol dan Pesawat Tenaga Hidrolik*, Bandung, Tarsito

Sularso, Haruo Tahara, 1991, *Pompa dan Kompresor*, Jakarta, PT Pradnya Paramita

Texo S.r.l, 1998, *Manual Book Texo Sollevatori*, Cappelle Sul Tavo (PE), Italy.

Thomas Krist, Dines Ginting, 1993, *Dasar-Dasar Pneumatik*, Jakarta , Penerbit Erlangga.

Toyota Astra Motor, 1992, *Teknik- Teknik Servis Dasar: PemeliharaanBerkala*, Jakarta, PT Toyota Astra Motor

Toyota Astra Motor, 1994, *Training Manual steering System Step 2*, Jakarta, PT Toyota Astra Motor.

U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2008, *Aviation Maintenance Technician Handbook—General,* Oklahoma, AFS-630, P.O. Box 25082.

Werner Deppert, Kurt Stoll, 1987, *Pneumatic Control*, Wurzburg, Vogel-Verlag

----------, 1982, *Fluid Power 2*, Ohio, Parker-Hanafin-Cooparation.